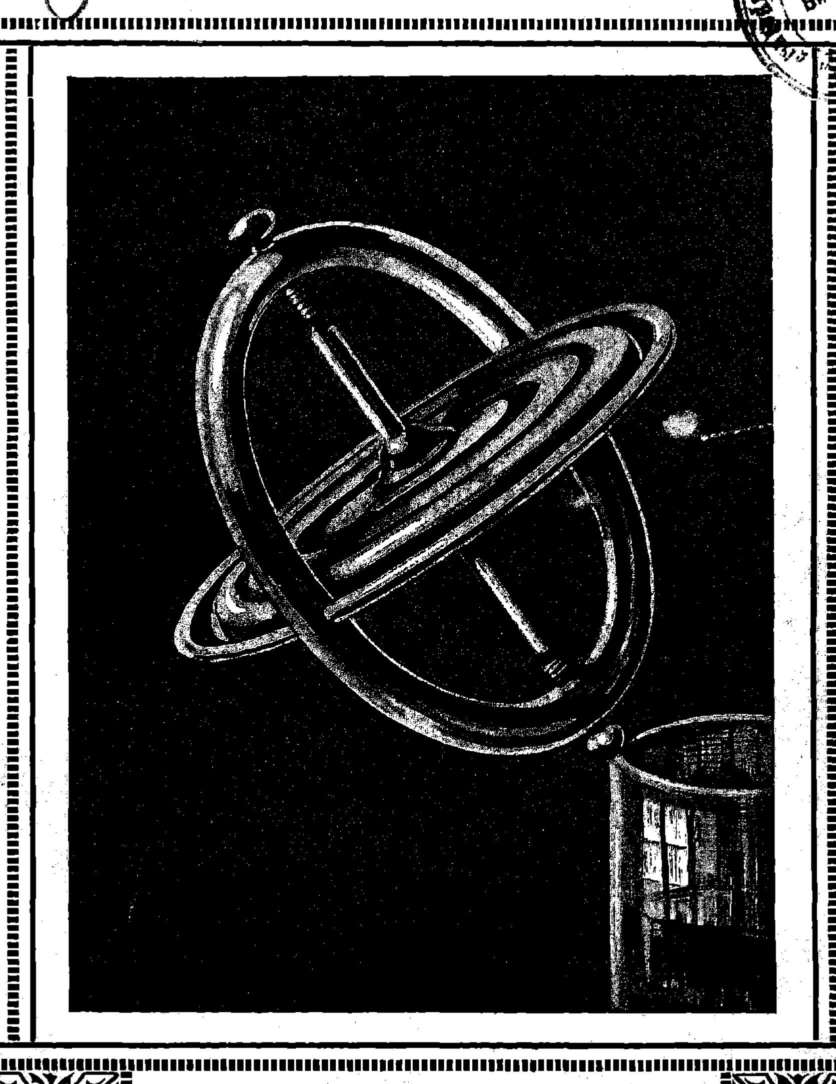
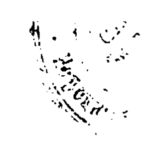
Я. И. Перельманъ

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА



ИЗДАНІЕ П. П. СОЙКИНА, ПЕТРОГРАДЪ

Я. И. ПЕРЕЛЬМАНЪ



ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

ПАРАДОКСЫ, ГОЛОВОЛОМКИ, ЗАДАЧИ, ОПЫТЫ, ЗАМЫСЛОВАТЫЕ ВОПРОСЫ И РАЗСКАЗЫ ИЗЪ ОБЛАСТИ ФИЗИКИ

КНИГА ВТОРАЯ

Съ 120 рисунками

ИЗДАНІЕ П. П. СОЙКИНА. ПЕТРОГРАДЪ
1916







Тип. П. П. Сойкина. Петроградъ, Стремянная, 12

ОГЛАВЛЕНІЕ.

ГЛАВА VII.

Теплота.

ГЛАВА VIII.

Магнитизмъ. — Электричество.

ГЛАВА IX.

Свѣтъ и зрѣніе.

ГЛАВА X.

Звукъ.—Волнообразное движеніе.

ПРЕДИСЛОВІЕ.

Эта книга представляетъ собой самостоятельный сборникъ, не являющійся продолженіемъ первой книги «Занимательной физики»; она названа «второю» лишь потому, что написана позднѣе первой. Успѣхъ перваго сборника побудилъ автора обработать остальной накопившійся у него матеріалъ, и такимъ образомъ составилась эта вторая — или, вѣрнѣе, другая—книга, обнимающая тѣ же отдѣлы школьной физики.

Настоящая книга «Занимательной физики», какъ и первая, предназначается для чтенія, а не для изученія. Ея цѣль—не столько сообщить читателю новыя знанія, сколько помочь ему «узнать то, что онъ знаетъ», т. е. углубить и оживить уже имѣющіяся у него основныя свѣдѣнія по физикѣ, научить сознательно распоряжаться ими и побудить къ разностороннему ихъ примѣненію. Достигается это, какъ и въ первомъ сборникѣ, разсмотрѣніемъ пестраго ряда головоломокъ, замысловатыхъ вопросовъ, занимательныхъ задачъ, забавныхъ парадоксовъ, неожиданныхъ сопоставленій изъ области физики, относящихся къ кругу повседневныхъ явленій или почерпаемыхъ изъ популярныхъ произведеній общей и научно-фанта-

стической беллетристики. Матеріаломъ послѣдняго рода составитель пользовался особенно широко, считая его наиболѣе соотвѣтствующимъ цѣлямъ сборника: привлечены отрывки изъ общеизвѣстныхъ романовъ Жюля Верна, Уэльса, Курда Лассвица и др. Фантастическіе опыты, помимо ихъ заманчивости, могутъ играть немаловажную роль при преподаваніи въ качествѣ живыхъ иллюстрацій; они находили себѣ мѣсто даже въ школьныхъ учебникахъ. «Цѣль ихъ— пишетъ нашъ извѣстный педагогъ В. Л. Розенбергъ*)— освободить умъ отъ оковъ привычки и выяснить одну изъ сторонъ явленія, пониманіе котораго затемняется обычными условіями, вторгающимися въ умъ учащагося независимо отъ его воли, вслѣдствіе привычки».

Составитель старался, насколько умѣлъ, придавать изложенію внѣшне-интересную форму, сообщать привлекательность предмету, не останавливаясь иногда и передъ тѣмъ, чтобы черпать интересъ со стороны. Онъ руководился тою психологическою аксіомою, что интересъ къ предмету повышаетъ вниманіе, вниманіе облегчаетъ пониманіе и, слѣдовательно, способствуетъ болѣе сознательному усвоенію.

Вопреки обычаю, установившемуся для подобнаго рода сборниковъ, въ «Занимательной физикѣ» весьма мало мѣста отводится описанію забавныхъ и эффектныхъ физическихъ опытовъ. У насъ имѣется уже достаточно сборниковъ подобныхъ опытовъ изъ области физики; кромѣ того, образовательное значеніе такого рода матеріала не всегда безспорно. Не говоря уже о томъ, что опыты обычно удаются лишь наиболѣе предпріимчивымъ и терпѣливымъ читателямъ, оста-

*) Въ предисловіи къ своей книгѣ «Первые уроки физики».

вляя у другихъ чувство разочарованія и досады по поводу испорченныхъ вещей,–центръ вниманія невольно переносится при этомъ на работу рукъ, а не на дѣятельность ума; въ результатѣ нерѣдко создается почва для насажденія непродуманнаго, чисто формальнаго отношенія къ физическому объясненію. Между тѣмъ, главная цѣль «Занимательной физики» — возбудить дѣятельность научнаго воображенія, пріучить читателя мыслить въ духѣ физической науки и создать въ его памяти многочисленныя ассоціаціи физическихъ знаній съ самыми разнородными явленіями жизни, со всѣмъ тѣмъ, съ чѣмъ онъ обычно входитъ въ соприкосновеніе.

Для оживленія интереса къ физическимъ вычисленіямъ, въ нѣкоторыя задачи этого сборника введены числовыя данныя (чего въ первой книгѣ авторъ избѣгалъ).

Въ общемъ настоящій сборникъ по подбору матеріала предназначается для нѣсколько болѣе подготовленнаго читателя, нежели первая книга «Занимательной физики»,—хотя различіе въ этомъ отношеніи между обѣими книгами настолько незначительно, что ихъ можно читать въ любой послѣдовательности и независимо одну отъ другой *).

Я. П.

---

*) Составитель съ признательностью приметъ всѣ указанія на недочеты книги, на желательныя въ ней измѣненія и вообще всякаго рода замѣчанія, могущія возникнуть при чтеніи. (Адресъ для писемъ: Петроградъ, Стремянная 12, Якову Исидоровичу Перельману).

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Законы движенія.

Самый дешевый способъ путешествовать.

Остроумный французскій писатель XVII вѣка Сирано-де-Бержеракъ въ своемъ сатирическомъ «Путешествіи на Луну» разсказываетъ, между прочимъ, о такомъ удивительномъ случаѣ, будто бы произошедшемъ съ нимъ самимъ. Занимаясь однажды физическими опытами, онъ вдругъ какимъ-то непостижимымъ образомъ былъ поднятъ вмѣстѣ со своими склянками высоко на воздухъ. Когда же черезъ нѣсколько часовъ ему удалось, наконецъ, спуститься вновь на землю, то, къ изумленію своему, очутился онъ уже не въ родной Франціи и даже не въ Европѣ, а— въ Америкѣ, въ Канадѣ! Такой неожиданный перелетъ черезъ Атлантическій океанъ французскій писатель объясняетъ

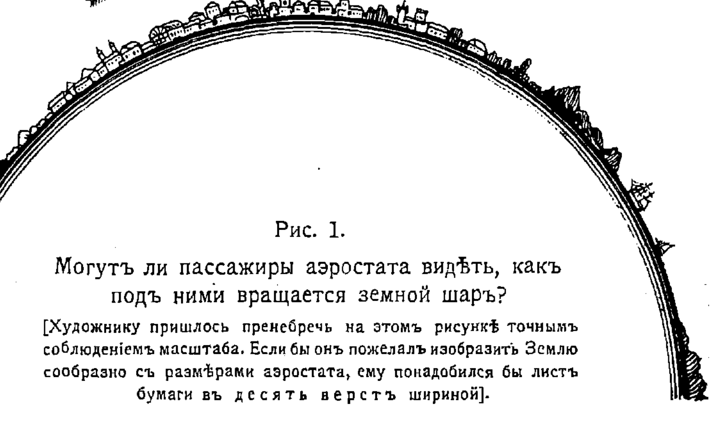


Рис. 1.

Могутъ ли пассажиры аэростата видѣть, какъ подъ ними вращается земной шаръ?

[Художнику пришлось пренебречь на этомъ рисункѣ точнымъ соблюденіемъ масштаба. Если бы онъ пожелалъ изобразить Землю сообразно съ размѣрами аэростата, ему понадобился бы листъ бумаги въ десять верстъ шириной].

тѣмъ, что, пока невольный путешественникъ былъ отдѣленъ отъ земной поверхности, наша планета продолжала попрежнему вращаться съ запада на востокъ; вотъ почему, когда онъ вновь опустился, подъ ногами его, вмѣсто Франціи, очутился уже материкъ Америки...

Вотъ видите, какой дешевый и простой способъ путешествовать! Стоитъ только подняться надъ землей и продержаться въ воздухѣ хотя бы нѣсколько минутъ, чтобы опуститься уже въ другомъ мѣстѣ, далеко на западъ отъ перваго. Вмѣсто того, чтобы предпринимать долгія и утомительныя путешествія черезъ материки и океаны, можно неподвижно висѣть надъ землей и выжидать, пока земной шаръ самъ услужливо подставитъ путнику мѣсто назначенія.

Жаль только, что этотъ удивительный способъ—не болѣе, какъ фантазія... Дѣло въ томъ, что, поднявшись въ воздухъ, мы, въ сущности, вовсе еще не отдѣляемся отъ земного шара: мы остаемся связанными съ газообразной оболочкой нашей планеты, висимъ въ ея атмосферѣ, которая тоже участвуетъ въ обращеніи земли вокругъ оси; воздухъ вращается вмѣстѣ съ землей, увлекая съ собой все, что въ немъ находится — облака, воздушные шары, аэропланы, всѣхъ летящихъ птицъ, насѣкомыхъ и т. д.

Если бы воздухъ не участвовалъ въ вращеніи земного шара, то, стоя на землѣ, мы постоянно чувствовали бы сильнѣйшій вѣтеръ, по сравненіи съ которымъ самый страшный ураганъ долженъ считаться нѣжнымъ дуновеніемъ. Вѣдь совершенно безразлично: мы ли стоимъ на мѣстѣ, а воздухъ движется мимо насъ, или же, наоборотъ,—воздухъ неподвиженъ, а мы перемѣщаемся въ немъ: въ обоихъ случаяхъ мы ощущаемъ одинаково сильный вѣтеръ. Автомобилистъ, мчащійся со скоростью 80 верстъ въ часъ, чувствуетъ сильнѣйшій вѣтеръ даже въ совершенно тихую погоду.

Но если бы даже мы могли подняться вверхъ, за предѣлы атмосферы, или если бы земля не была окружена воздухомъ— намъ все равно не удалось бы воспользоваться тѣмъ дешевымъ способомъ путешествовать, о которомъ фантазировалъ французскій поэтъ. Въ самомъ дѣлѣ, отдѣляясь отъ поверхности вращающейся земли, мы продолжаемъ по инерціи двигаться съ прежнею скоростью, т. е. съ тою же, съ

какой перемѣщается подъ нами земля. И когда снова опускаемся внизъ, мы оказываемся въ томъ же самомъ пунктѣ, отъ котораго раньше отдѣлились—подобно тому, какъ, подпрыгнувъ въ вагонѣ движущагося поѣзда, мы опускаемся на прежнее мѣсто.

«Земля, остановись!».

У современнаго англійскаго романиста Герберта Уэльса есть фантастическій разсказъ о томъ, какъ творилъ чудеса нѣкій конторскій писецъ. Весьма недалекій и малообразованный молодой человѣкъ оказался, сверхъ ожиданія, обладателемъ удивительнаго дара: стоило ему высказать какое-нибудь пожеланіе— и оно немедленно же исполнялось. Однако, столь заманчивый даръ не принесъ ни его обладателю, ни другимъ людямъ ничего, кромѣ непріятностей. Для насъ особенно поучителенъ конецъ этой исторіи.

Послѣ черезчуръ затянувшейся ночной попойки, писецъ-чудодѣй, опасаясь явиться домой наразсвѣтѣ, вздумалъ воспользоваться своимъ даромъ, чтобы продлить ночь. Какъ это сдѣлать? Надо приказать свѣтиламъ неба пріостановить свой бѣгъ. Писецъ не сразу рѣшился на такой необычайный подвигъ, и когда его пріятель посовѣтывалъ ему остановить Луну, онъ, внимательно поглядѣвъ на нее, сказалъ въ раздумьи:

— Мнѣ кажется, она слишкомъ далека для этого...

— Но почему же не попробовать? — настаивалъ Мейдигъ (такъ звали пріятеля). — Она, конечно, не остановится, вы только прекратите вращеніе Земли. Теченіе времени остановится. Надѣюсь, это никому не повредитъ!

— Гмъ! — сказалъ Фотерингей (писецъ).—Хорошо, попробую. Ну...

Застегнувшись на всѣ пуговицы, онъ сталъ въ повелительную позу, простеръ руки надъ міромъ и торжественно произнесъ:

— Земля, остановись! Перестань вращаться!

Не успѣлъ онъ договорить этихъ словъ, какъ пріятели уже летѣли въ пространствѣ торчмя головою со скоростью нѣсколько дюжинъ миль въ минуту.

Несмотря на это, онъ продолжалъ думать, такъ какъ мысль иногда почти не требуетъ времени. Меньше чѣмъ въ секунду онъ успѣлъ и подумать и высказать про себя слѣдующее пожеланіе:

— Что бы ни случилось, пусть я буду живъ и невредимъ!

Нельзя не признать, что желаніе это было высказано какъ разъ вовремя, такъ какъ костюмъ Фотерингея, вслѣдствіе тренія о воздухъ,

началъ уже загораться. Еще нѣсколько секундъ,—и онъ упалъ на какую-то свѣже-взрытую землю, а вокругъ него, не принося ему никакого вреда, неслись громадные камни, обломки зданій, металлическіе предметы разнаго рода; между прочимъ, летѣла какая-то несчастная корова, разбившаяся при ударѣ о землю. Шумъ кругомъ стоялъ страшный. Ни прежде ни послѣ того Фотерингей не слыхивалъ ничего подобнаго. Вѣтеръ дулъ съ такой силою, что онъ не могъ бы даже приподнять своей головы, чтобы оглянуться вокругъ. Да, признаться, онъ объ этомъ и не думалъ,—до такой степени ошеломило его все происшедшее.

— Господи! — воскликнулъ онъ прерывающимся голосомъ.—Что такое случилось?—Буря, что ли? Вѣдь, ночь была такъ тиха! Это все Мейдигъ виноватъ. И зачѣмъ я его послушался! Гдѣ-то онъ теперь? Должно быть, я что-нибудь не такъ сдѣлалъ!

Осмотрѣвшись, насколько позволялъ ему вѣтеръ и развѣвавшіяся фалды пиджака, онъ продолжалъ:

— На небѣ-то, кажется, все въ порядкѣ. Вотъ и Луна. Стоитъ попрежнему прямо надъ головой. Ну, а все остальное... гдѣ же городъ? Гдѣ дома и улицы? Откуда, наконецъ, взялся вѣтеръ? Я не приказывалъ быть вѣтру.

Фотерингей попробовалъ встать на ноги, но это оказалось совершенно невозможнымъ, и потому онъ прослѣдовалъ впередъ на четверенькахъ, придерживаясь за камни и выступы почвы. Итти, впрочемъ, было рѣшительно некуда, такъ какъ, насколько можно было видѣть изъ-подъ фалдъ пиджака, закинутыхъ вѣтромъ на голову пресмыкающагося чудодѣя, все кругомъ представляло собою одну общую картину разрушенія.

— Что-то такое во вселенной серьезно попортилось, — подумалъ Фотерингей, — а что именно—Богъ знаетъ.

Дѣйствительно, попортилось. Ни домовъ, ни деревьевъ, ни какихъ-либо живыхъ существъ—ничего не было видно. Однѣ только безформенныя развалины да разнородные обломки валялись кругомъ, едва видные отъ цѣлаго урагана пыли, несомой вѣтромъ. Громъ и молнія при совершенно ясномъ небѣ довершали картину, представившуюся виновнику всей этой катавасіи.

Самъ этотъ виновникъ не понималъ, конечно, въ чемъ дѣло. А между тѣмъ оно объяснялось очень просто. Остановивъ Землю сразу, Фотерингей не подумалъ о центробѣжной силѣ, а между тѣмъ она при внезапной остановкѣ кругового движенія неминуемо должна была сбросить съ поверхности Земли все, на ней находящееся. Такимъ образомъ, дома, люди, деревья, животныя—вообще все, что только не было неразрывно связано съ главной массой земного шара, полетѣло по касательной къ его поверхности со скоростью, превышающей ту, которою обладаетъ ядро, только что вылетѣвшее изъ жерла пушки. А затѣмъ все это вновь попадало на землю, разбиваясь вдребезги.

Фотерингей не зналъ, въ чемъ дѣло, но онъ тотчасъ же понялъ, что чудо, имъ совершенное, оказывается не особенно удачнымъ; а потому имъ сразу овладѣло глубокое отвращеніе ко всякимъ чудесамъ, и онъ далъ себѣ слово не творить ихъ больше. Но прежде всего нужно было поправить какимъ-нибудь



Рис. 2. Что случилось бы, если бы Земля внезапно перестала вращаться вокругъ своей оси.

образомъ ту бѣду, которую онъ надѣлалъ. А бѣда эта оказывалась не малою. Къ довершенію своего ужаса, Фотерингей видѣлъ, что она даже увеличивается. Въ самомъ дѣлѣ: буря все свирѣпѣла, облака пыли совсѣмъ закрыли Луну, и вдали слышенъ былъ шумъ приближающейся воды; Фотерингей видѣлъ даже, при свѣтѣ молніи, цѣлую водяную стѣну, со страшной скоростью надвигавшуюся къ тому мѣсту, на которомъ онъ лежалъ.

— Мейдигъ! Мейдигъ! — вскричалъ онъ.—Гдѣ вы?

Но не получая никакого отвѣта и видя, что приходится дѣйствовать на свой страхъ и на свою отвѣтственность, не посовѣтовавшись съ опытными людьми, онъ сталъ рѣшительнымъ.

— Стой! — вскричалъ онъ, обращаясь къ водѣ.—Ни шагу далѣе!

Затѣмъ повторилъ то же распоряженіе грому, молніи и вѣтру.

Все затихло.

— Постойте немножко, — сказалъ Фотерингей,—дайте мнѣ собраться съ мыслями... Что же мнѣ теперь дѣлать?

Присѣвъ на корточки, мистеръ Фотерингей задумлся.

— Какъ бы это опять не надѣлать какой-нибудь кутерьмы,—подумалъ онъ и затѣмъ сказалъ:—да... во-первыхъ, когда исполнится все, что я сейчасъ прикажу, пусть я потеряю способность творить чудеса и буду такимъ же, какъ всѣ обыкновенные люди. Не люблю чудесъ. Это слишкомъ опасная игрушка. А во-вторыхъ, пусть все будетъ по старому: тотъ же городъ, тѣ же люди, такіе же дома, и я самъ такой же, какимъ былъ тогда. Довольно чудить, не хочу больше!..

Письмо съ воздушнаго шара.

Вы находитесь въ корзинѣ аэростата, который быстро несется надъ землей. Внизу—знакомыя мѣста. Сейчасъ вы пролетите надъ усадьбой пріятеля: «Хорошо бы послать ему вѣсточку» — мелькаетъ у васъ въ умѣ. Быстро набрасываете вы нѣсколько словъ на листкѣ записной книжки, привязываете свою записку къ камню и, выждавъ моментъ, когда знакомый садъ оказывается какъ разъ подъ вашими ногами, роняете камень.

Вы въ полной увѣренности, конечно, что камень упадетъ прямо въ садъ. Но, оказывается, онъ падаетъ вовсе не туда...

Почему же? Вѣдь садъ расположенъ прямо подъ корзиной аэростата?

Вотъ оттого-то камень и не падаетъ въ садъ. Слѣдя за его паденіемъ съ корзины аэростата, вы увидите странное явленіе: камень опускается внизъ, но въ то же время продолжаетъ оставаться подъ аэростатомъ, словно скользя по привя-

занной къ нему невидимой веревкѣ. И когда камень достигнетъ земли, онъ будетъ находиться далеко впереди того пункта, который вы себѣ намѣтили. Здѣсь проявляется тотъ же законъ инерціи, который мѣшаетъ намъ воспользоваться соблазнительнымъ совѣтомъ дешево путешествовать по способу Сирано-де-Бержерака. Пока камень былъ въ корзинѣ аэростата, онъ вмѣстѣ съ нею несся въ пространствѣ съ нѣкоторою скоростью. Вы уронили его, — но, отдѣлившись отъ аэростата и падая внизъ,

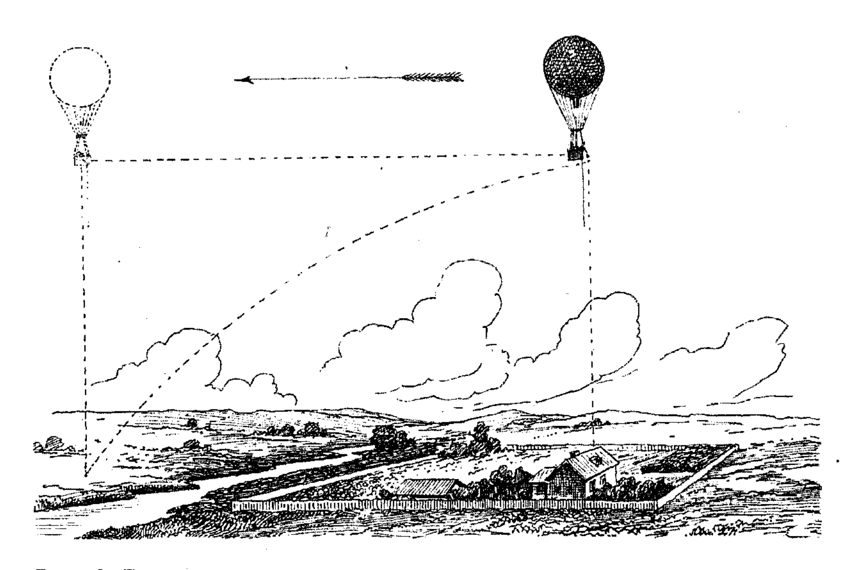


Рис. 3. Если уронить съ летящаго аэростата камень, то онъ падаетъ не отвѣсно внизъ, а по кривой линіи, все время оставаясь подъ воздушнымъ шаромъ.

камень все же не утрачиваетъ своей первоначальной скорости, а падая, продолжаетъ въ то же время совершать движеніе въ воздухѣ въ прежнемъ направленіи. Оба движенія, отвѣсное и горизонтальное, складываются — и въ результатѣ камень летитъ внизъ по кривой линіи, оставаясь все время подъ аэростатомъ (если только, конечно, самъ аэростатъ внезапно не измѣнитъ своего направленія или скорости полета). Камень летитъ совершенно такъ же, какъ горизонтально брошенное тѣло,—напр. пуля, вылетѣвшая изъ горизонтально поставленнаго ружья: подъ вліяніемъ горизонтальнаго толчка и притяженія земли, оно описываетъ дугообразный путь, упирающійся въ землю.

Безостановочная желѣзная дорога.

Когда вы стоите на неподвижной платформѣ, и мимо нея проносится курьерскій поѣздъ, то вскочить въ вагонъ на ходу, конечно, мудрено. Но представьте, что платформа подъ вами также движется, при томъ съ такою же скоростью и въ ту же сторону, какъ и поѣздъ. Трудно ли вамъ будетъ тогда войти въ вагонъ?

Нисколько: вы войдете такъ же спокойно, какъ если бы вагонъ стоялъ неподвижно. Въ самомъ дѣлѣ: разъ и вы и поѣздъ движетесь въ одну сторону съ одинаковой скоростью, то по отношенію къ вамъ поѣздъ находится въ полномъ покоѣ. Правда, колеса его вращаются, но вамъ будетъ казаться, что они вертятся на одномъ мѣстѣ.

Слѣдовательно, вполнѣ мыслимо устроить такъ, чтобы поѣздъ, проходя мимо станцій, принималъ и высаживалъ пассажировъ на полномъ ходу, не останавливаясь.

Приспособленія такого рода нерѣдко устраиваются на выставкахъ, чтобы дать публикѣ возможность быстро и удобно осматривать ихъ достопримѣчательности, раскинутыя на обширномъ пространствѣ. Такъ, на международной архитектурной выставкѣ въ Лейпцигѣ, осенью 1913 года, крайніе пункты выставочной площади были, словно безконечной лентой, соединены желѣзной дорогой; при этомъ пассажиры могли въ любой моментъ и въ любомъ мѣстѣ входить въ вагоны и выходить изъ нихъ на полномъ ходу поѣзда.

Схема этого любопытнаго устройства видна на прилагаемыхъ чертежахъ. На чертежѣ 4-мъ буквами *A* и *B* отмѣчены крайнія станціи. На каждой станціи помѣщается круглая *неподвижная* платформа, окруженная большимъ *вращающимся* кольцеобразнымъ дискомъ. Вокругъ вращающихся дисковъ обѣихъ станцій обходитъ канатъ, къ которому прицѣплены вагоны. Теперь прослѣдите, что происходитъ при вращеніи платформы. Вагоны обѣгаютъ вокругъ платформъ съ такою же скоростью, съ какою вращаются внѣшніе края платформъ; слѣдовательно, пассажиры безъ малѣйшаго опасенія могутъ переходить съ платформъ въ вагоны или, наоборотъ, покидать поѣздъ. Выйдя изъ вагона, пассажиръ идетъ къ центру круга, пока не дойдетъ до

неподвижной платформы; а здѣсь перейти съ внутренняго края подвижнаго диска на неподвижный уже нетрудно, такъ какъ, при маломъ радіусѣ круга, весьма мала и скорость вращенія *). Достигнувъ внутренней, неподвижной платформы, пассажиру остается лишь перебраться по мостику на землю внѣ желѣзной дороги (рис. 5).

Рис. 4 и 5 поясняютъ сказанное. Размѣры круговъ и скорость ихъ вращенія выбраны были такъ, что внѣшніе края ихъ пробѣгали двѣ сажени въ секунду (около 16 верстъ въ часъ), внутренній же край двигался со скоростью всего полусажени въ секунду; при такой скорости—вѣрнѣе сказать, при такой медленности—можно было, разумѣется, вполнѣ безопасно переходить на платформу.

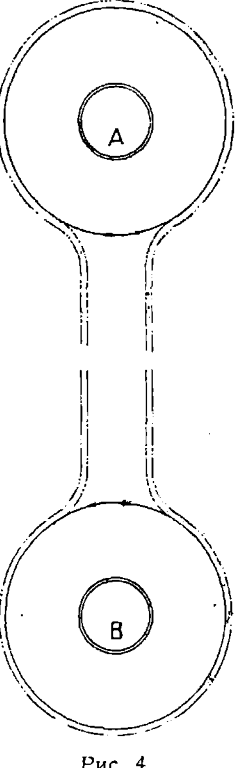


Рис. 4.
Какъ была устроена «безостановочная» желѣзная дорога на Лейпцигской выставкѣ. Дорога обозначена пунктиромъ. *А* и *В*—вокзалы.

Отсутствіе частыхъ остановокъ даетъ огромный выигрышъ во времени и затратѣ силы. Во всякомъ трамваѣ бо́льшая часть времени и чуть не $^{2}/_{3}$ всей энергіи тратится на постепенное ускореніе движенія при отходѣ со станціи, а также на замедленіе и торможеніе при остановкахъ.

На станціяхъ желѣзныхъ дорогъ можно было бы обойтись даже безъ спеціальныхъ подвижныхъ платформъ, чтобы принимать и высаживать пассажировъ на полномъ ходу поѣзда. Вообразите, что мимо обыкновенной неподвижной станціи проносится курьерскій поѣздъ; мы хотимъ, чтобы онъ, не останавливаясь, принялъ здѣсь новыхъ пассажировъ. Пусть же эти пассажиры займутъ пока мѣста въ другомъ поѣздѣ, стоящемъ на запасномъ параллельномъ пути, и пусть этотъ поѣздъ начнетъ двигаться впередъ, стремясь развить ту же скорость,

*) Легко понять, что точки внутренняго края движутся гораздо медленнѣе, нежели точки наружнаго края, такъ какъ въ одно и то же время описываютъ меньшій круговой путь.

что и курьерскій. Необходимо устроить такъ, чтобы, когда оба поѣзда будутъ итти рядомъ, скорости ихъ сравнялись. Въ этотъ моментъ оба поѣзда будутъ словно неподвижны одинъ относительно другого: достаточно перекинуть мостки, которые соединяли бы вагоны сосѣднихъ поѣздовъ,—и пассажиры «времен-

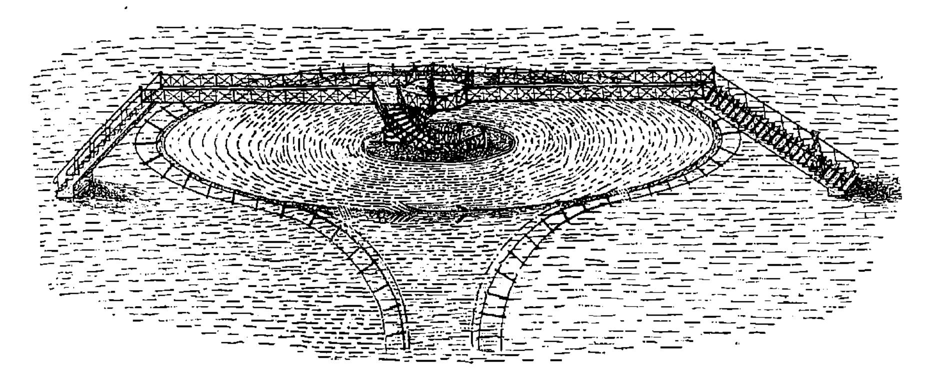


Рис. 5. Вокзалъ безостановочной желѣзной дороги.
Черезъ круглую, вѣчно вращающуюся платформу перекинута галлерея, по которой пассажиры спокойно переходятъ изъ внутренняго, неподвижнаго круга на землю внѣ дороги.

наго» поѣзда могутъ спокойно перейти въ курьерскій. Остановки на станціяхъ сдѣлаются, какъ видите, излишними.

Такова теорія. Осуществленіе этого проекта на практикѣ, вѣроятно, очень хлопотливо; потому-то ничего подобнаго нигдѣ пока не устраивалось.

Улицы будущаго.

Не осуществлено на практикѣ еще и другое приспособленіе, основанное на томъ же законѣ относительнаго движенія: такъ называемые «движущіеся тротуары».

Вотъ чертежъ такого устройства (рис. 6). Вы видите пять замкнутыхъ полосъ-тротуаровъ, движущихся посредствомъ особаго механизма, одна внутри другой, съ различной скоростью. Самая крайняя полоса ползетъ довольно медленно—со скоростью всего 5 верстъ въ часъ; это скорость обыкновеннаго пѣшехода, и, понятно, вступить на такую медленно ползущую полосу не трудно даже ребенку или старику. Рядомъ съ ней, внутри, бѣжитъ вторая полоса, со скоростью 10 верстъ въ часъ. Вскочить

на нее прямо съ неподвижной улицы было бы очень опасно,—но зато перейти на нее съ первой полосы—ничего не стоитъ. Въ самомъ дѣлѣ, по отношенію къ этой первой полосѣ, ползущей со скоростью 5 верстъ, в т о р а я, бѣгущая съ 10-верстной быстротой, д ѣ л а е т ъ, вѣдь, только 5 верстъ; значитъ, перейти съ первой на вторую столь же легко, какъ перейти съ земли на первую. Далѣе, т р е т ь я полоса движется уже съ 15-верстной скоростью,—но перейти на нее со в т о р о й полосы, конечно, не трудно. Такъ же легко перейти съ третьей полосы на слѣдующую, ч е т в е р т у ю, бѣгущую съ 20-в е р с т н о й скоростью, и наконецъ, съ нея на п я т у ю, мчащуюся со скоростью 25 верстъ въ часъ. Эта пятая полоса доставляетъ пассажира до того пункта, который ему нуженъ; здѣсь, спокойно переходя обратно съ полосы на полосу, онъ высаживается на неподвижную землю.

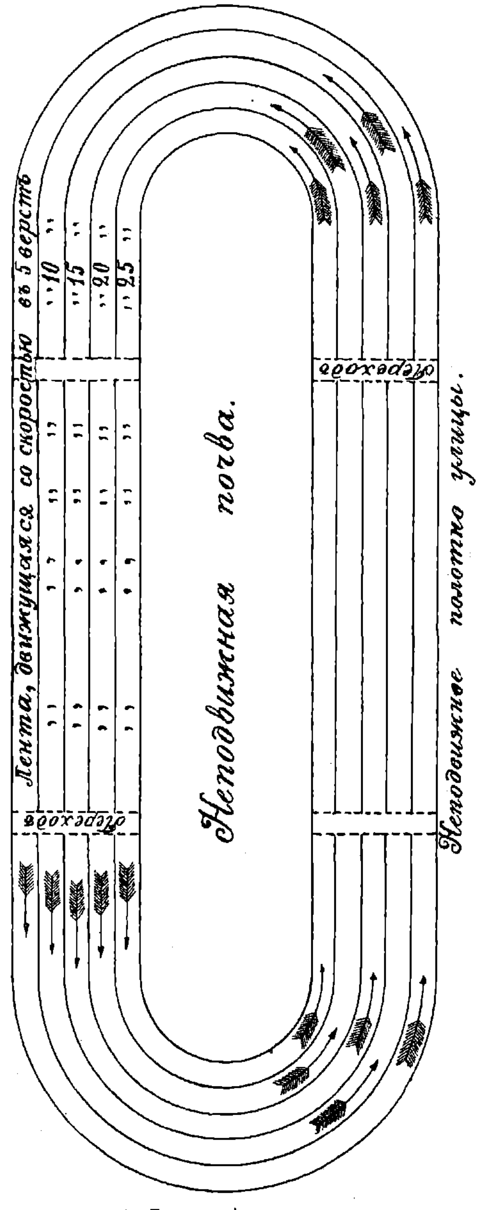


Рис. 6. Движущіеся тротуары.

Такую непрерывно движущуюся улицу-поѣздъ предполагалось устроить въ Нью-Іоркѣ, въ подземномъ тунелѣ. Эта же-

лѣзная дорога представляла бы собой непрерывную круговую ленту съ устроенными на ней сидѣньями для пассажировъ; лента движется, согласно проекту, со скоростью 21 версты въ часъ. Къ ней примыкаютъ еще три вспомогательныя ленты, облегчающія переходъ съ неподвижной почвы на ленту-поѣздъ. Скоро-

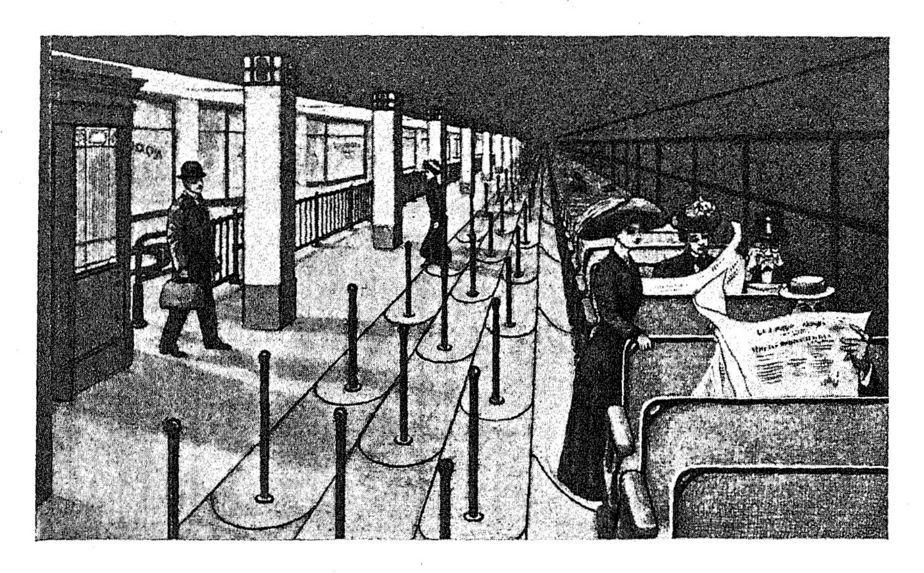


Рис. 7. Движущаяся улица-поѣздъ подъ землей.
Передъ тѣмъ, какъ попасть съ неподвижной платформы въ поѣздъ, пассажиры проходятъ черезъ три полосы, движущіяся впередъ, каждая немного быстрѣе предыдущей.

сти ихъ—16, $10^1/_2$ и 5 верстъ въ часъ. Пассажиру, желающему сѣсть въ поѣздъ, нетрудно вступить съ неподвижнаго пола на первую ленту (держась за одинъ изъ ея вертикальныхъ стержней); такъ же легко перейти съ нея на вторую ленту, затѣмъ на третью, и, наконецъ, сѣсть въ поѣздъ.

Непостижимый законъ.

Ни одинъ изъ законовъ механики не вызываетъ, вѣроятно, столько недоумѣній, какъ знаменитый «третій законъ Ньютона»—*законъ равенства дѣйствія и противодѣйствія*. Всѣ его знаютъ, умѣютъ даже, когда нужно, правильно примѣнять его—и все-таки мало кто вѣритъ въ его истинность. Можетъ быть, вы имѣли счастье, читатель, сразу понять его,—но что касается

меня, то, долженъ сознаться, я постигъ его много лѣтъ спустя послѣ моего перваго съ нимъ знакомства. Я разспрашивалъ разныхъ лицъ, имѣющихъ болѣе или менѣе близкое отношеніе къ механикѣ, и убѣдился, что большинство изъ нихъ готовы признать правильность этого закона лишь съ довольно существенными оговорками. Охотно допускаютъ, что онъ вѣренъ для тѣлъ неподвижныхъ, но не понимаютъ, какъ можно примѣнять его къ взаимодѣйствію движущихся тѣлъ...

«Дѣйствіе,—гласитъ этотъ законъ,—всегда равно и противоположно противодѣйствію». Это значитъ, что когда, напримѣръ, лошадь тянетъ телѣгу, то телѣга тянетъ лошадь назадъ съ точно такою же силою, съ какою лошадь тянетъ телѣгу впередъ. Но если такъ, то выходитъ, что телѣга должна оставаться на мѣстѣ; почему же она все-таки движется? Почему лошадь увлекаетъ телѣгу, а не телѣга увлекаетъ лошадь назадъ? Вѣдь онѣ тянутъ другъ друга съ одинаковой силой... И почему эти силы не уничтожаются взаимно, если онѣ равны?

Эти недоумѣнія разрѣшаются довольно просто. Силы не уничтожаютъ другъ друга потому, что приложены къ *разнымъ* тѣламъ: одна—къ телѣгѣ, другая—къ лошади. Силы эти равны, да,—но развѣ одинаковыя силы всегда производятъ одинаковыя дѣйствія? Развѣ равныя силы сообщаютъ всѣмъ тѣламъ равныя скорости? Развѣ дѣйствіе силы на тѣло не зависитъ также и отъ самого тѣла,—отъ величины того сопротивленія, которое тѣло оказываетъ силѣ?

Если подумаете объ этомъ, вамъ сразу станетъ понятно, почему лошадь все же увлекаетъ телѣгу, хотя телѣга тянетъ ее обратно съ такою же силою. Сила, дѣйствующая на телѣгу, и сила, дѣйствующая на лошадь, равны; но такъ какъ телѣгу гораздо легче заставить катиться, чѣмъ волочить назадъ идущую лошадь, то вполнѣ понятно, что телѣга катится въ сторону лошади, а не лошадь припирается къ телѣгѣ. Пояснимъ на числовомъ примѣрѣ. Пусть лошадь тянетъ телѣгу съ силою 20 пудовъ; слѣдовательно, и телѣга тянетъ къ себѣ лошадь съ силою 20 пудовъ. Для того, чтобы сообщить телѣгѣ нѣкоторую скорость, сила въ 20 пудовъ достаточна; но она далеко не достаточна, чтобы сообщить обратную скорость лошади, которая уже привела себя въ движеніе по направленію впередъ. Натягивая постромки и отталкиваясь ногами отъ земли, лошадь въ

общемъ развиваетъ силу не въ 20 пудовъ, а бо́льшую—пудовъ въ 30, скажемъ. Часть этой силы—10 пудовъ—сообщаетъ самой лошади движенiе впередъ, а остальная часть, 20 пудовъ, преодолѣваетъ сопротивленiе телѣги и приводитъ ее въ движенiе. Законъ равенства дѣйствiя и противодѣйствiя здѣсь не нарушается: сила въ 20 пудовъ, приложенная къ телѣгѣ, вызываетъ равную противодѣйствующую силу со стороны телѣги, а сила въ 10 пудовъ, съ которою лошадь отталкивается отъ земли, вызываетъ равное противодѣйствiе со стороны земли.

Даже паденiе тѣлъ строго подчиняется закону равенства дѣйствiя и противодѣйствiя. Яблоко падаетъ на землю оттого, что его притягиваетъ земной шаръ. Но съ точно такою же силою и яблоко притягиваетъ къ себѣ нашу планету. Строго говоря, яблоко и Земля падаютъ другъ на друга, но скорость этого паденiя различна для яблока и для Земли. Одна и та же сила взаимнаго притяженiя сообщаетъ яблоку ускоренiе въ 5 саженъ, а земному шару — во столько разъ меньше, во сколько разъ масса Земли превышаетъ массу яблока. Конечно, масса земного шара въ неимовѣрное число разъ больше массы яблока, и потому Земля получаетъ перемѣщенiе настолько ничтожное, что практически его можно считать равнымъ нулю. Оттого-то мы и утверждаемъ, что яблоко падаетъ на землю, вмѣсто того, чтобы говорить: «яблоко и Земля падаютъ другъ на друга».

Отчего погибъ Святогоръ-богатырь?

Вы помните былину о Святогорѣ-богатырѣ, который вздумалъ поднять Землю? Архимедъ, если вѣрить преданiю, тоже намѣревался, не будучи богатыремъ, совершить такой подвигъ и искалъ лишь точки опоры для своего рычага. Позднѣе мы побесѣдуемъ о томъ, какой непредвидѣнный сюрпризъ ожидалъ бы генiальнаго математика, если бы ему была дана эта желанная точка опоры. Но Святогоръ былъ силенъ и безъ рычага. Онъ мечталъ лишь о томъ, чтобы было за что ухватиться, къ чему приложить свои богатырскiя руки. Случай представился: богатырь нашелъ на землѣ «сумочку переметную», въ которой сосредоточена была «вся тяга земная». Ухватившись за нее, Святогоръ сталъ тянуть вверхъ изо всей силы. Но

сумочка не поддалась—зато самъ Святогоръ по колѣна въ землю угрязъ. «Тутъ ему было и кончаніе».

Если бы Святогору былъ извѣстенъ законъ равенства дѣйствія и противодѣйствія, онъ сообразилъ бы, что его богатырская сила, приложенная къ землѣ, вызоветъ равную, а слѣдовательно, столь же колоссальную противодѣйствующую силу, которая можетъ втянуть его самого въ землю.

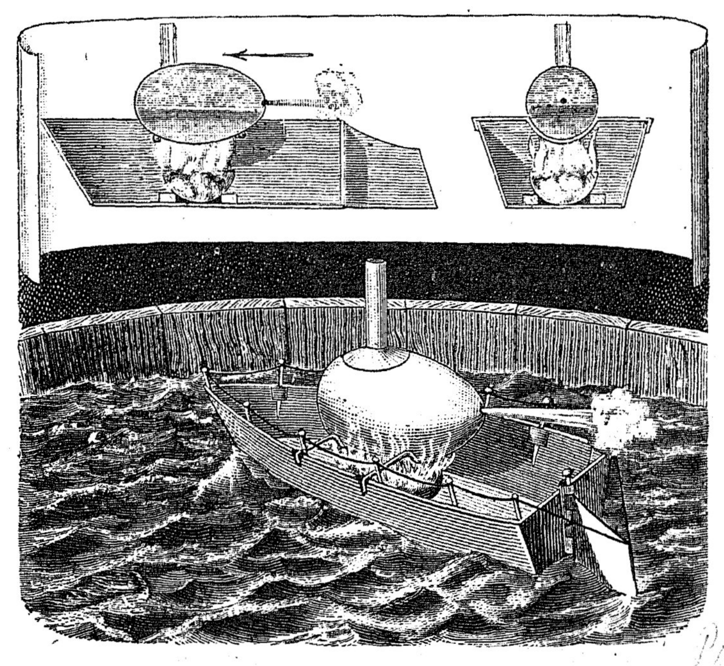


Рис. 8. Игрушечный пароходикъ изъ пустого яйца и бумаги, наглядно доказывающій, что «дѣйствіе равно противодѣйствію».

Въ яйцо наливаютъ воды, и этотъ миніатюрный паровой котелъ подогрѣвается горѣніемъ намоченной въ спиртѣ ваты. Когда изъ отверстія въ яйцѣ начинаетъ бить струя пара, весь пароходикъ, силою возвратнаго толчка, движется въ противоположномъ направленіи.

Во всякомъ случаѣ, изъ былины видно, что народная наблюдательность давно подмѣтила противодѣйствіе, оказываемое землей, когда на нее опираются. Народъ безсознательно примѣнялъ законъ равенства дѣйствія и противодѣйствія за тысячелѣтія до того, какъ Ньютонъ впервые формулировалъ его въ своей безсмертной книгѣ «Математическія основы натуральной философіи» (т. е. физики).

Можно ли двигаться, ни обо что не опираясь?

Когда человѣкъ ходитъ, онъ отталкивается ногами отъ земли или отъ пола; всѣ знаютъ, что по очень гладкому полу, отъ котораго нога не можетъ оттолкнуться, ходить нельзя. Паровозъ при движеніи отталкивается колесами отъ рельсовъ: если рельсы смазать масломъ, паровозъ останется на мѣстѣ. Пароходъ лопастями своего винта отталкивается отъ воды. Аэропланъ отталкивается отъ воздуха также при помощи винта—пропеллера. Словомъ, въ какой бы стихіи ни двигался предметъ, онъ опирается на нее при своемъ перемѣщеніи. Но можетъ ли тѣло двигаться, не имѣя никакой опоры внѣ себя?

Казалось бы, такое движеніе невозможно, и стремиться къ нему все равно, что желать поднять самого себя за волосы. Но это только кажется: именно такое будто бы невозможное движеніе часто происходитъ на нашихъ глазахъ. Правда, тѣло не можетъ привести себя цѣликомъ въ движеніе однѣми лишь внутренними силами, но оно можетъ заставить нѣкоторую *часть* своей массы двигаться въ одну сторону, остальную же—въ другую, противоположную. Сколько разъ видѣли вы летящую ракету,— а задумывались ли надъ вопросомъ: почему она летитъ? Между тѣмъ, въ ракетѣ мы имѣемъ прекрасный примѣръ того рода движенія, которое сейчасъ насъ интересуетъ.

Почему взлетаетъ ракета?

Даже среди людей науки приходится нерѣдко слышать превратное объясненіе полета ракеты: она летитъ, молъ, потому, что своими газами (которые образуются при горѣніи пороха внутри нея) она отталкивается отъ воздуха. Однако, если пустить ракету въ безвоздушномъ пространствѣ, она полетитъ нисколько не хуже, пожалуй, даже лучше, чѣмъ въ воздухѣ. Истинная причина движенія ракеты состоитъ въ томъ, что, когда пороховые газы стремительно вытекаютъ изъ нея внизъ, сама трубка ракеты, по закону равенства дѣйствія и противодѣйствія, отталкивается вверхъ. Здѣсь, въ сущности, происходитъ то же, что и при выстрѣлѣ изъ пушки: ядро летитъ впередъ, а сама пушка отталкивается назадъ. Вспомните «отдачу» ружья и всякаго вообще огнестрѣльнаго оружія! Если бы пушка висѣла въ воздухѣ, ни на что не опираясь, она послѣ выстрѣла двигалась бы назадъ съ

нѣкоторою скоростью, которая во столько же разъ меньше скорости ядра, во сколько разъ ядро легче самой пушки. Когда 12-дюймовая пушка, установленная въ башнѣ современнаго дредноута, извергаетъ изъ своего жерла 30-пудовое ядро со скоростью 400 саженъ въ секунду, — все огромное судно, вѣсящее болѣе милліона пудовъ, о т т а л к и в а е т с я н а з а д ъ со скоростью одного дюйма въ секунду. Основываясь на томъ же

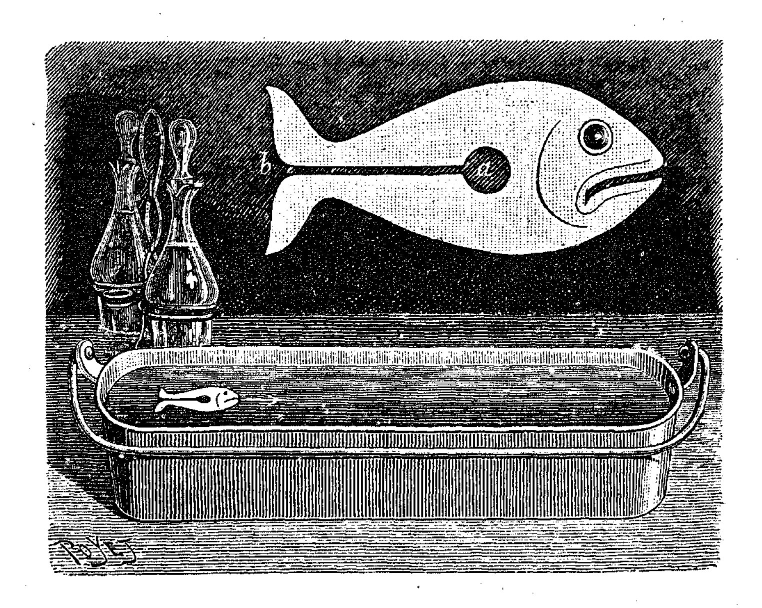


Рис. 9. Плавающая рыбка, вырѣзанная изъ визитной карточки.

Это маленькое изобрѣтеніе Тома Тита основано на законѣ противодѣйствія: если въ вырѣзанный кружокъ *a* капнуть масла, то, свободно растекаясь по водѣ вдоль канала отъ *a* къ *b*, масляная пленка будетъ оказывать давленіе въ *о б р а т н у ю* сторону и заставитъ рыбку двигаться въ направленіи ея головы.

правилѣ механики, герои романа Жюля Верна «Вверхъ дномъ» задумали «выпрямить» земную ось выстрѣломъ изъ колоссальной пушки. Ракета—та же пушка, только извергаетъ она не ядра, а пороховые газы.

По той же причинѣ вертится и такъ называемое «китайское колесо»: при горѣніи пороха въ трубкахъ, прикрѣпленныхъ къ колесу, газы вытекаютъ въ одну сторону, сами же трубки (а съ ними и колесо) получаютъ обратное движеніе.

Есть множество игрушекъ, основанныхъ на этомъ началѣ. Игрушечный пароходъ, изображенный на стр. 15-й и изобрѣтенный остроумнымъ Томомъ Титомъ, движется потому, что паръ, вытекая въ одну сторону, толкаетъ весь пароходъ въ обратную. Если въ прорѣзъ картонной рыбки, положенной на воду (см. рис. 9), капнуть масла, она поплыветъ въ направленіи, обратномъ тому, по которому растекается масляная пленка. Наконецъ, мы знаемъ, что самая древняя въ мірѣ паровая машина, изобрѣтенная Герономъ Александрійскимъ еще въ III вѣкѣ до Р. Х., была устроена по тому же принципу: паръ изъ котла $\alpha\beta$ (рис. 10) поступалъ по трубкѣ $\varepsilon\xi\eta$ въ шаръ, вращающійся на горизонтальной оси; вытекая затѣмъ изъ колѣнчато изогнутыхъ трубокъ, паръ толкалъ эти трубки въ обратномъ направленіи,—и шаръ начиналъ вращаться. Къ сожалѣнію, Геронова паровая турбина въ древности оставалась только любопытной игрушкой, не болѣе, такъ какъ дешевизна труда живыхъ двигателей—рабовъ—никого не понуждала къ практическому использованію мертвыхъ машинъ.

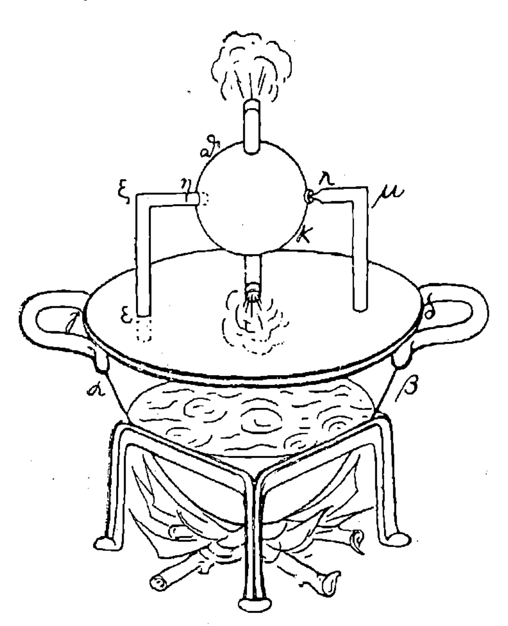


Рис. 10. Самая древняя въ мірѣ паровая машина (турбина), изобрѣтенная Герономъ Александрійскимъ въ III вѣкѣ до Р. Х.

Какъ движется каракатица?

Вѣроятно, вамъ странно будетъ слышать, что существуетъ множество живыхъ существъ, для которыхъ мнимое «вытаскиванія самого себя за волосы» является весьма обычнымъ способомъ перемѣщенія.

Каракатица и вообще большинство головоногихъ моллюсковъ движутся въ водѣ такимъ образомъ: они набираютъ воду въ жаберную полость черезъ боковую щель и особую воронку впереди тѣла, и затѣмъ энергично выбрасываютъ струю воды черезъ упомянутую воронку: при этомъ они получаютъ

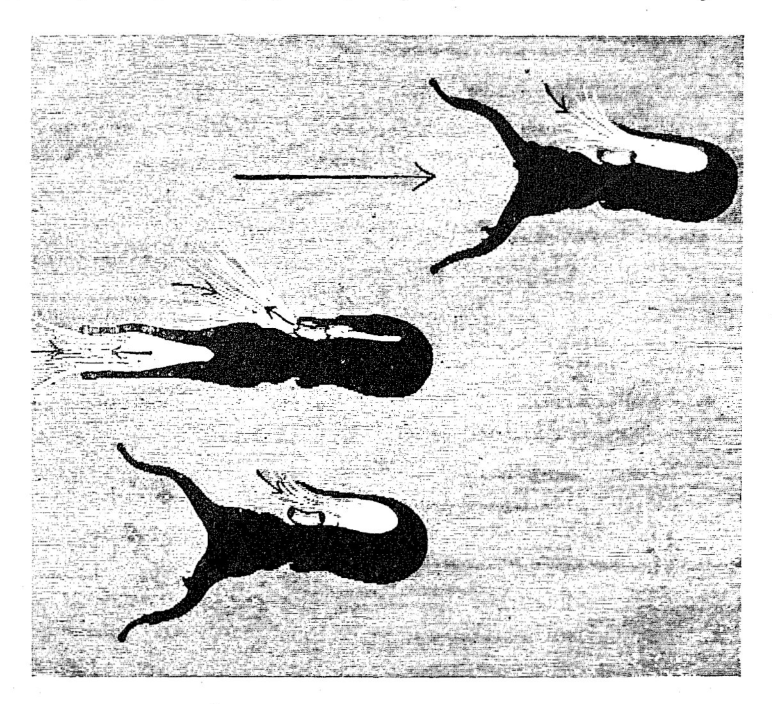
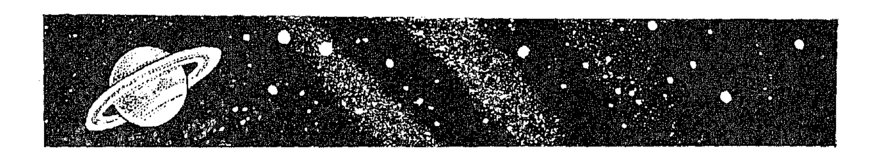


Рис. 11. Какъ передвигается въ водѣ каракатица.
Съ силою выбрасывая изъ своего тѣла набранную воду, животное получаетъ толчокъ, который и относитъ его назадъ.

обратный толчокъ, достаточный для того, чтобы довольно быстро плавать задней стороной тѣла впередъ. Каракатица можетъ, впрочемъ, направить трубку воронки вбокъ или назадъ и, энергично выдавливая изъ нея воду, двигаться въ любомъ направленіи.

На томъ же основано и движеніе медузы: сокращеніемъ мускуловъ она выталкиваетъ изъ-подъ своего колоколообразнаго тѣла воду, получая толчокъ въ обратномъ направленіи. Сходнымъ пріемомъ пользуются при движеніи сальпы, личинки стрекозъ и многія другія водныя животныя. А мы еще сомнѣвались, можно ли такъ двигаться!

*



Къ звѣздамъ на ракетѣ.

Что можетъ быть заманчивѣе, чѣмъ покинуть нашъ земной шаръ и путешествовать по необъятной вселенной, перелетать съ планеты на планету, со звѣзды на звѣзду? Сколько фантастическихъ романовъ написано на эту тему! Кто только не увлекалъ насъ въ воображаемое путешествіе по небеснымъ свѣтиламъ! Вольтеръ въ «Микромегасѣ», Жюль Вернъ въ «Путешествіи на Луну» и «Гекторѣ Сервадакѣ», Уэльсъ въ «Первыхъ людяхъ на Лунѣ» и множество ихъ подражателей совершали воображаемыя путешествія на небесныя свѣтила, — конечно, въ мечтахъ. Въ дѣйствительности же мы—увы!—остаемся плѣнниками земного шара.

Неужели же нѣтъ возможности осуществить эту давнишнюю мечту человѣчества? Неужели всѣ остроумные проекты, съ такой заманчивой правдоподобностью изображенные въ романахъ, на самомъ дѣлѣ неисполнимы? Въ дѣльнѣйшемъ мы еще будемъ бесѣдовать о фантастическихъ проектахъ межпланетныхъ путешествій; теперь же познакомимся съ единственнымъ серьезнымъ проектомъ подобныхъ путешествій, предложеннымъ русскимъ ученымъ К. Э. Ціолковскимъ.

Можно ли долетѣть до Луны на аэропланѣ? Конечно, нѣтъ: аэропланы и дирижабли движутся только потому, что опираются о воздухъ, отталкиваются отъ него,—а между Землей и Луной воздуха нѣтъ. Въ межпланетномъ пространствѣ вообще нѣтъ никакой матеріальной среды, на которую могъ бы опереться «межпланетный дирижабль». Значитъ, надо придумать такой снарядъ, который могъ бы двигаться, ни на что не опираясь.

Мы уже знакомы съ подобнымъ снарядомъ въ видѣ игрушки—это р а к е т а. Такъ отчего бы не устроить огромную ракету, съ особымъ помѣщеніемъ для людей, съѣстныхъ продуктовъ, запасовъ воздуха и всѣмъ прочимъ? Вообразите, что люди въ этой ракетѣ везутъ съ собой большой запасъ взрывчатыхъ веществъ и, подобно каракатицѣ, могутъ направлять

истеченіе газовъ въ любою сторону. Вы получите настоящій управляемый небесный корабль, на которомъ можно плыть въ безпредѣльномъ океанѣ мірового пространства, полетѣть на Луну, на планеты, къ звѣздамъ... Пассажиры могутъ посредствомъ ряда отдѣльныхъ мелкихъ взрывовъ увеличивать скорость этого межпланетнаго дирижабля съ необходимой постепенностью, чтобы возрастаніе скорости было безвредно для нихъ. При желаніи спуститься на какую-нибудь планету они могутъ постепенно уменьшить скорость снаряда и тѣмъ ослабить силу паденія. Наконецъ, пассажиры могутъ такимъ же путемъ возвратиться и обратно на Землю. Для всего этого надо только захватить съ собой достаточный запасъ взрывчатыхъ веществъ.

«Зачѣмъ же дѣло стало?»—спросите вы.—«Почему же никто не сооружаетъ такой гигантской ракеты и не отправляется изслѣдовать глубины межзвѣздныхъ пространствъ?»

Остановка въ томъ, что мы пока не имѣемъ достаточно сильнаго взрывчатаго вещества. Чтобы сообщить исполинской ракетѣ скорость, потребную для преодолѣнія силы тяжести, нужно взрывчатое вещество силою въ 10—15 разъ больше, чѣмъ у пироксилина. Такого вещества мы еще не знаемъ; не имѣемъ мы и достаточно крѣпкихъ матеріаловъ для «небесной ракеты».

Но то, что невозможно сегодня, можетъ осуществиться завтра. Человѣчество уже было однажды въ подобномъ положеніи: когда найденъ былъ принципъ летанія по способу паренія, для сооруженія аэроплана не хватало лишь достаточно сильнаго двигателя и достаточно прочныхъ матеріаловъ. Прошло 15 лѣтъ,—и что же? Аэропланы высоко рѣютъ въ воздухѣ, перелетая черезъ горы и моря; мы присутствовали уже и при воздушной войнѣ... Такъ отчего не допустить, что когда-нибудь люди полетятъ къ звѣздамъ въ огромномъ ракетообразномъ снарядѣ?

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Силы. — Работа. — Тренiе.

Задача о лебедѣ, ракѣ и щукѣ.

Исторiя о томъ, какъ «лебедь, ракъ да щука везти съ поклажей возъ взялись»—извѣстна, конечно, всѣмъ. Но пробовали ли вы провѣрять этотъ разсказъ на основанiи законовъ механики? Результатъ провѣрки получается, сверхъ ожиданiя, вовсе не похожiй на выводъ баснописца.

Будемъ разсуждать такъ, словно передъ нами обыкновенная задача на сложенiе нѣсколькихъ силъ, дѣйствующихъ подъ угломъ одна къ другой. Направленiе силъ опредѣлено въ баснѣ:

. . . Лебедь рвется въ облака,
Ракъ пятится назадъ, а щука тянетъ въ воду.

Это значитъ, что одна сила, тяга лебедя (*A*), направлена вверхъ; другая, тяга щуки (*B*)—вбокъ; третья, тяга рака (*C*)—назадъ. Не забудемъ, что существуетъ еще четвертая сила, вѣсъ воза, которая направлена отвѣсно внизъ. Крыловъ утверждаетъ, что «возъ и нынѣ тамъ»,—другими словами, что равнодѣйствующая всѣхъ четырехъ силъ въ данномъ случаѣ равна нулю.

Такъ ли это?

Посмотримъ. Лебедь, рвущiйся къ облакамъ, не только не мѣшаетъ работѣ рака и щуки, но даже помогаетъ имъ: тяга лебедя, направленная противъ силы тяжести, облегчаетъ вѣсъ воза, а можетъ быть, даже и вполнѣ уравновѣшиваетъ его— вѣдь грузъ не великъ («поклажа бы для нихъ казалась и легка»). Остаются всего двѣ силы: тяга рака и тяга щуки. О направленiи этихъ силъ говорится, что «ракъ пятится назадъ, а щука тя-

нетъ въ воду». Само собою разумѣется, что вода находилась не впереди воза, а сбоку (не потопить же возъ собрались крыловскіе труженики!). Но если силы рака и щуки направлены подъ угломъ одна къ другой, то равнодѣйствующая ихъ никакъ не можетъ равняться нулю.

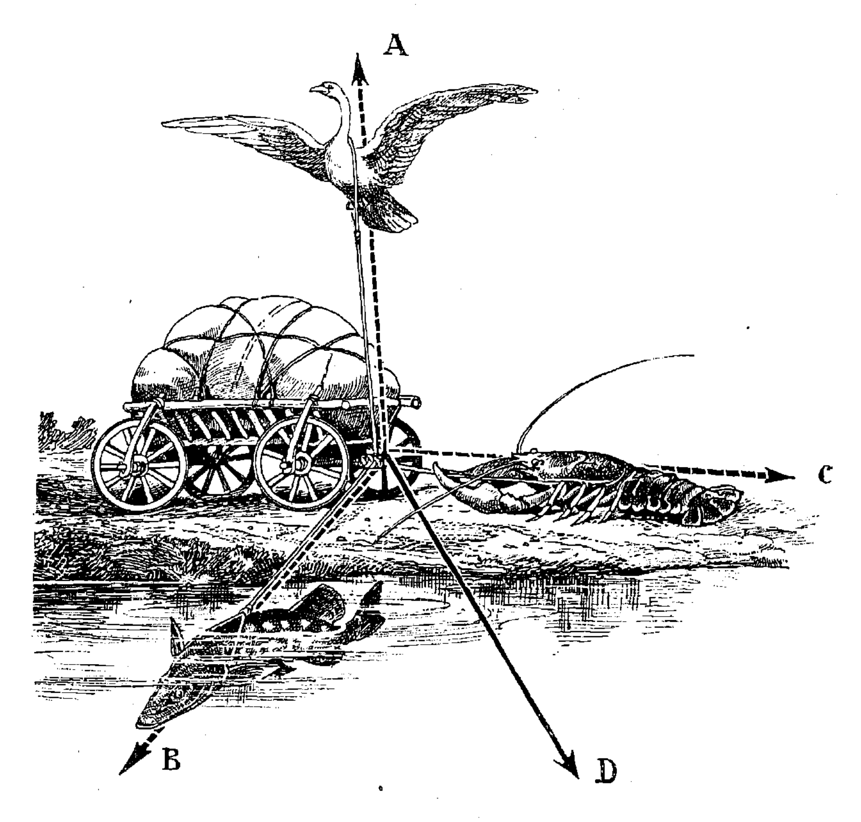


Рис. 13. Задача о лебедѣ, ракѣ и щукѣ, рѣшенная по правиламъ механики.—Равнодѣйствующая *D* должна сдвинуть возъ съ мѣста.

Поступая по правиламъ механики, строимъ на обѣихъ силахъ *B* и *C* параллелограммъ; діагональ его *D* даетъ направленіе и величину искомой равнодѣйствующей. Ясно, что эта равнодѣйствующая сила должна сдвинуть возъ съ мѣста, тѣмъ болѣе, что вѣсъ воза вполнѣ или частью уничтожается тягою лебедя (треніемъ мы здѣсь, ради простоты, пренебрегаемъ). Другой вопросъ — въ какую сторону сдвинется возъ: впередъ, назадъ

или въ бокъ; это зависитъ отъ соотношенія силъ и отъ величины угла между ними.

Во всякомъ случаѣ, какъ видите, Крыловъ едва ли могъ съ увѣренностью утверждать, что «возу все нѣтъ ходу», что «возъ и нынѣ тамъ».

Вопреки Крылову.

Мы только что видѣли, что житейское правило Крылова: «когда въ товарищахъ согласья нѣтъ, на ладъ ихъ дѣло не пойдетъ» не примѣнимо въ механикѣ. Силы могутъ быть направлены не въ одну сторону и, несмотря на это, давать извѣстный результатъ.

Мало кто знаетъ, что даже усердные труженики-муравьи, которыхъ тотъ же Крыловъ восхваляетъ, какъ образцовыхъ работниковъ, трудятся совмѣстно именно по осмѣянному баснописцемъ рецепту. И все же, дѣло у нихъ въ общемъ идетъ на ладъ. Выручаетъ опять-таки законъ сложенія силъ. Если вы

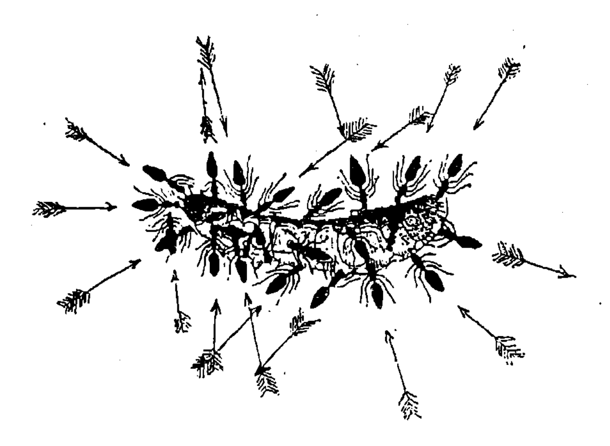


Рис. 14. Каждый муравей тянетъ ношу въ свою сторону.—Стрѣлки показываютъ направленіе тяги.

станете внимательно слѣдить за муравьями во время работы, то очень скоро убѣдитесь, что разумное сотрудничество ихъ — только кажущееся; на дѣлѣ же каждый муравей работаетъ самъ для себя, вовсе не думая помогать товарищу.

Вотъ какъ описываетъ работу муравьевъ одинъ изслѣдователь *):

«Если крупную добычу тащитъ десятокъ муравьевъ по ровному мѣсту, то всѣ дѣйствуютъ одинаково, и получается

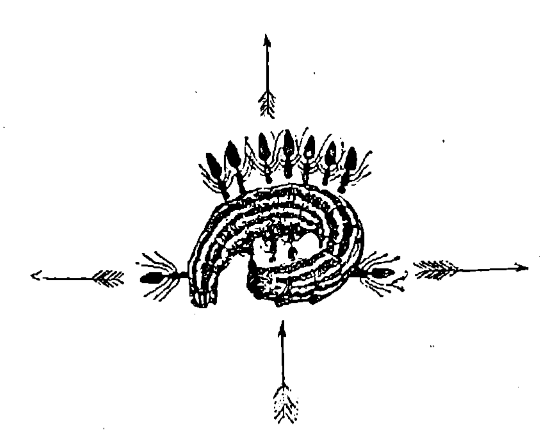


Рис. 15. Какъ муравьи волокутъ гусеницу.

внѣшность сотрудничества. Но вотъ добыча, напримѣръ, гусеница, зацѣпилась за какое-либо препятствіе, за стебель травы, за камешекъ. Дальше впередъ тащить нельзя, надо обогнуть. И тутъ съ ясностью обнаруживается, что каждый муравей, по-своему и ни съ кѣмъ изъ «товарищей» не сообразуясь, старается справиться съ препятствіемъ (см. рис. 14 и 15). Одинъ тащитъ направо, другой—налѣво; одинъ толкаетъ впередъ, другой, рядомъ съ нимъ стоящій, тянетъ назадъ. Переходятъ съ мѣста на мѣсто, хватаются за гусеницу въ другомъ мѣстѣ, и каждый толкаетъ или тянетъ по-своему. Когда случится, что силы работающихъ сложатся такъ, что въ одну сторону будутъ двигать гусеницу 4 муравья, а въ другую—6, то гусеница, въ концѣ концовъ, и двинется именно въ сторону этихъ 6-ти, несмотря на противодѣйствіе 4-хъ».

Приведемъ еще поучительный примѣръ, наглядно иллюстрирующій это мнимое сотрудничество муравьевъ. На рис. 16 изображенъ прямоугольный кусочекъ сыра, за который ухватилось 25 муравьевъ. Сыръ медленно подвигался въ направленіи,

*) Е. Елачичъ: «Инстинктъ».

указанномъ стрѣлкою, и можно было думать, что передняя шеренга муравьевъ тянетъ ношу къ себѣ, задняя—толкаетъ ее впередъ, боковые же муравьи помогаютъ и тѣмъ и другимъ. Однако, это совершенно не такъ, въ чемъ нетрудно убѣдиться: отдѣлите ножомъ всю заднюю шеренгу — и ноша поползетъ гораздо быстрѣе. Ясно, что эти 11 муравьевъ тянули назадъ, а не впередъ: каждый изъ нихъ старался повернуть ношу такъ, чтобы, пятясь назадъ, волочить ее къ гнѣзду. Значитъ, задніе муравьи не только не помогали переднимъ волочить ношу, но усердно мѣшали имъ, парализуя ихъ усилія. Для того, чтобы волочить этотъ кусочекъ сыру, достаточно было бы усилій всего четырехъ муравьевъ, но несогласованность дѣйствій и взаимное мѣшаніе приводятъ къ тому, что его едва тащатъ 25 муравьевъ!

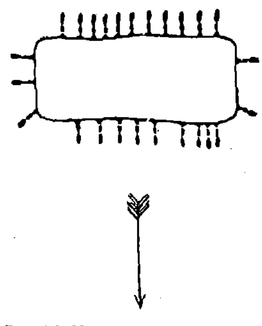


Рис. 16. Муравьи стараются притащить кусокъ сыра къ муравейнику, расположенному въ направленіи стрѣлки.

Легко ли сломать яичную скорлупу?

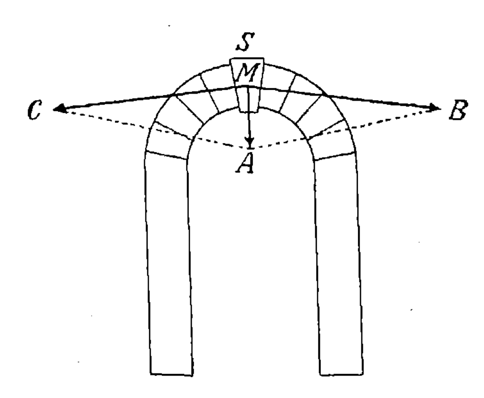
Если вы думаете, что яичная скорлупа очень хрупкая и нѣжная вещь, то попробуйте раздавить яйцо между ладонями, напирая на его острые концы. Вамъ удастся это далеко не такъ легко, какъ вы воображаете: нужно не малое усиліе, чтобы сломить скорлупу при подобныхъ условіяхъ.

Столь необычайная крѣпость яичной скорлупы зависитъ исключительно отъ его выпуклой формы и объясняется совершенно такъ же, какъ и прочность всякаго рода сводовъ и арокъ.

На прилагаемомъ чертежѣ изображенъ разрѣзъ небольшого каменнаго свода надъ окномъ. Грузъ S (т. е. вѣсъ вышележащихъ частей кладки), напирающій на клинообразный средній камень свода, давитъ внизъ съ силою, которая обозначена на чертежѣ стрѣлкой A. Но сдвинуться внизъ камень не можетъ, вслѣдствіе своей суживающейся формы, — и онъ давитъ на сосѣдніе камни. Другими словами, сила A разлагается, по правилу параллелограмма, на двѣ боковыя силы, обозначенныя

стрѣлками *C* и *B*; силы эти уничтожаются сопротивленіемъ прилегающихъ камней, въ свою очередь зажатыхъ между сосѣдними. Такимъ образомъ, сила, давящая на сводъ *снаружи*, не можетъ его разрушить. Зато сравнительно легко разрушить его силой, дѣйствующей *изнутри*. Это и понятно, такъ какъ клинообразная форма камней, мѣшающая имъ опускаться, нисколько не мѣшаетъ имъ подниматься.

Скорлупа яйца есть тотъ же сводъ, только сплошной, а не составленный изъ отдѣльныхъ частей. При давленіи *снаружи* онъ разрушается далеко не такъ легко, какъ можно бы



Рич. 17. Причина прочности свода.

ожидать отъ такого хрупкаго матеріала. Теорія доказываетъ, что наибольшее сопротивленіе давленію оказываетъ сводъ не строго полушаровидный, а именно такой формы, какъ выпуклость на остромъ концѣ яйца. Можно поставить ножки довольно тяжелаго стола на четыре сырыхъ яйца, и послѣднія не раздавятся. (Для устойчивости яицъ и увеличенія площади давленія надо снабдить яйца гипсовыми расширеніями на концахъ; гипсъ легко пристаетъ къ известковой скорлупѣ).

Теперь вы понимаете, почему насѣдкѣ не приходится опасаться сломить скорлупу яицъ тяжестью своего тѣла. И въ то же время, слабый птенчикъ, желая выйти изъ своей природной темницы, безъ труда пробиваетъ скорлупу клювикомъ: тонкій известковый сводъ не можетъ противостоять давленію *изнутри*.

Съ легкостью разламывая скорлупу яйца боковымъ ударомъ, мы и не подозрѣваемъ, какъ прочна она, когда сила

дѣйствуетъ на нее при естественныхъ условіяхъ, и какой надежной броней природа защитила развивающееся въ ней живое существо.

Загадочная, почти чудесная прочность электрическихъ лампочекъ, казалось бы столь нѣжныхъ и хрупкихъ, объясняется совершенно такъ же, какъ и прочность яичной скорлупы. Ихъ необыкновенная крѣпость станетъ еще поразительнѣе, если вспомнимъ, что онѣ почти *абсолютно пусты*, и давленію внѣшняго воздуха ничто не противодѣйствуетъ *изнутри*; между тѣмъ, на пористую стѣнку куринаго яйца атмосферное давленіе, конечно, не оказываетъ никакого вліянія. А величина давленія воздуха на электрическую лампочку весьма не мала. Шарообразная лампочка, поперечникомъ, напримѣръ, въ 20 сантиметровъ, имѣетъ поверхность въ 1.260 кв. сант. На каждый сантиметръ, какъ извѣстно, воздухъ давитъ съ силою 1 килограмма: эта даетъ на всю лампочку давленіе 1.260 килограммовъ, или *75 пудовв*! Вотъ какое огромное давленіе непрерывно выдерживаетъ тонкая стеклянная пленка электрической лампочки! Достаточно четвертой части этого давленія, чтобы, дѣйствуя *изнутри*, разнести лампочку вдребезги.

На парусахъ противъ вѣтра.

Для всякаго не моряка представляется непостижимымъ, какъ могутъ парусныя суда итти «противъ вѣтра». Правда, морякъ скажетъ вамъ, что прямо противъ вѣтра на парусахъ итти нельзя, а можно двигаться подъ очень острымъ угломъ къ направленію вѣтра. Но уголъ этотъ такъ малъ (12^0), что представляется, пожалуй, одинаково непонятнымъ—плыть ли прямо противъ вѣтра, или подъ угломъ къ нему въ 12^0.

Для теоріи это, однако, не безразлично, и мы сейчасъ объяснимъ, какимъ образомъ можно силою вѣтра итти навстрѣчу ему подъ небольшимъ угломъ. Сначала разсмотримъ, какъ вообще дѣйствуетъ вѣтеръ на парусъ, т. е. куда онъ толкаетъ парусъ, когда дуетъ на него въ какомъ-либо направленіи. Если вы не морякъ, то, вѣроятно, думаете, что вѣтеръ всегда толкаетъ парусъ въ ту сторону, куда дуетъ. Но это не такъ: куда бы ни дулъ вѣтеръ, онъ толкаетъ парусъ пер-

пендикулярно къ его плоскости. Въ самомъ дѣлѣ: пусть вѣтеръ дуетъ въ направленіи, указанномъ стрѣлками на черт. 18-мъ; линія *AB* обозначаетъ парусъ. Такъ какъ вѣтеръ напираетъ равномѣрно на всю поверхность паруса, то мы можемъ замѣнить давленіе вѣтра силой *R*, приложенной къ серединѣ паруса. Эту силу мы разложимъ на двѣ: силу *Q*, перпендикулярную къ па-

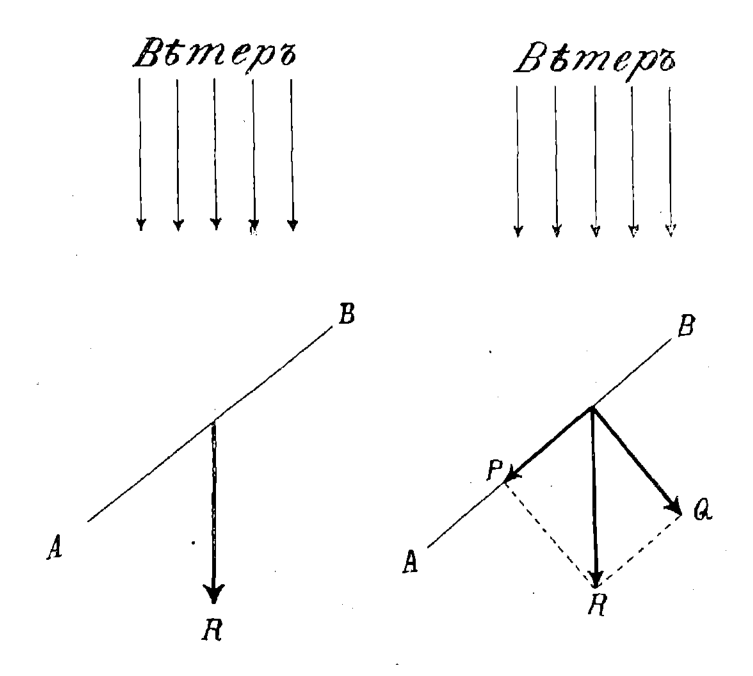


Рис. 18. Почему вѣтеръ всегда толкаетъ парусъ подъ прямымъ угломъ къ его плоскости.

русу, и силу *P*, направленную вдоль него. Послѣдняя сила будетъ скользить по парусу, не толкая его, такъ какъ треніе вѣтра о полотно очень незначительно. Остается только сила *Q*, которая толкаетъ парусъ въ перпендикулярномъ къ нему направленіи.

Итакъ, подъ какимъ бы угломъ къ парусу ни дулъ вѣтеръ, онъ во всякомъ случаѣ напираетъ подъ прямымъ угломъ къ парусу.

Зная это, мы уже безъ труда поймемъ, какъ можетъ парусное судно итти подъ очень острымъ угломъ навстрѣчу вѣтру. Пусть линія *KK* (черт. 19) изображаетъ килевую линію

судна. Вѣтеръ дуетъ подъ острымъ угломъ къ этой линіи въ направленіи, указанномъ рядомъ стрѣлокъ. Линія *AB* изображаетъ парусъ; его помѣщаютъ такъ, чтобы плоскость его дѣ-

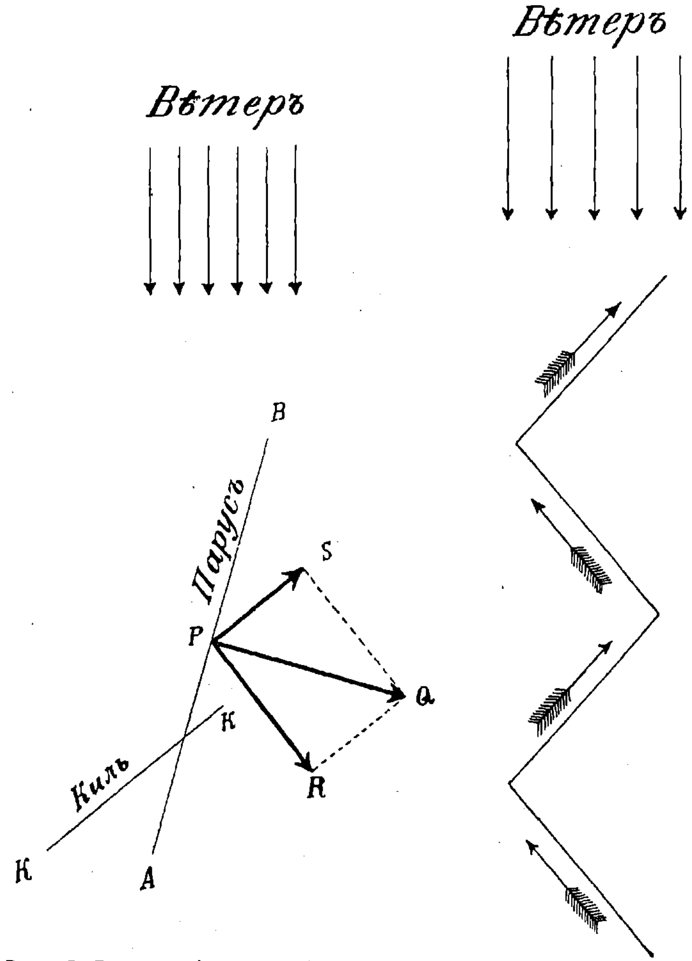


Рис. 19. Разложеніе силъ, объясняющее, почему возможно итти на парусахъ противъ вѣтра.

Рис. 20. «Лавированіе» паруснаго судна.

лила пополамъ уголъ между направленіемъ киля и направленіемъ вѣтра. Прослѣдите на чертежѣ 19 за разложеніемъ силъ. Напоръ вѣтра на парусъ мы изображаемъ силой *Q*, которая, какъ мы знаемъ, должна быть перпендикулярна къ парусу. Силу эту

разложимъ на двѣ: силу *R*, перпендикулярную къ килю, и силу *S*, направленную впередъ, вдоль килевой линіи судна. Такъ какъ движеніе судна въ направленіи *R* вызываетъ сильное сопротивленіе воды (киль въ парусныхъ судахъ дѣлается очень глубокимъ), то сила *R* почти полностью уничтожается; остается одна лишь сила *S*, которая, какъ видите, направлена впередъ, а слѣдовательно, подвигаетъ судно подъ угломъ, какъ бы навстрѣчу вѣтру.

Моряки замѣтили, что наименьшая величина угла *BPS*, подъ которымъ можно итти противъ вѣтра, равна 11—12 градусамъ. Изъ чертежа видно, что скорость такого движенія противъ вѣтра очень невелика (въ сравненіи съ силою вѣтра), такъ какъ при этомъ используется лишь часть полнаго напора вѣтра на паруса. Но какъ бы то ни было, итти противъ вѣтра можно. Обыкновенно это движеніе выполняется зигзагами, какъ показываетъ рис. 20. На языкѣ моряковъ такое движеніе судна называется «лавированіемъ».

Могъ ли Архимедъ поднять Землю?

«Дайте мнѣ точку опоры—и я подниму всю Землю», сказалъ, если вѣрить преданію, Архимедъ, когда открылъ законъ рычага. И дѣйствительно, нѣтъ такой тяжести, которую нельзя было бы поднять самой слабой силой, если воспользоваться рычагомъ: стоитъ только приложить эту силу къ очень длинному плечу рычага, а короткое плечо заставить дѣйствовать на грузъ. Казалось бы поэтому, что Архимедъ былъ вполнѣ правъ въ своемъ смѣломъ утвержденіи: напирая на чрезвычайно длинное плечо рычага, онъ могъ бы силою своихъ рукъ поднять тяжесть, равную вѣсу всего земного шара.

Но если бы великій механикъ древности зналъ, какъ огроменъ вѣсъ земного шара, онъ, вѣроятно, воздержался бы отъ своего горделиваго восклицанія. Вообразимъ на мгновеніе, что ему дана та точка опоры, которую онъ такъ тщетно искалъ; вообразимъ, далѣе, что онъ изготовилъ рычагъ нужной длины. Знаете ли, сколько времени понадобилось бы ему, чтобы поднять земной шаръ хотя бы на одинъ дюймъ? *Десять билліоновъ лѣтъ! Сто тысячъ милліоновъ вѣковъ!..*

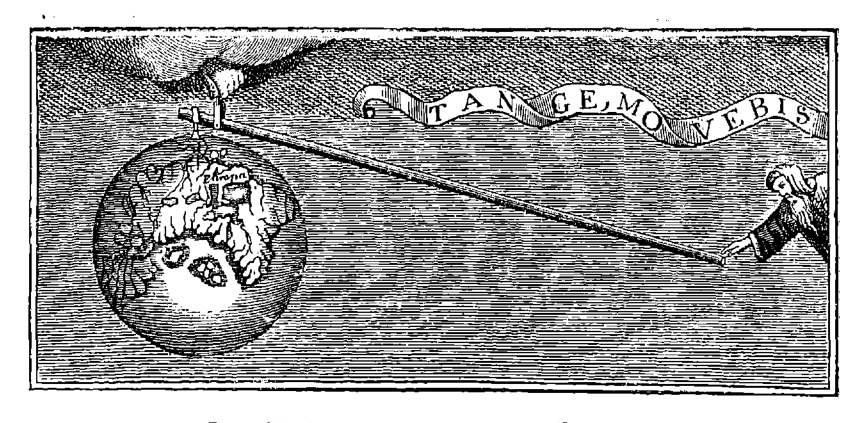


Рис. 21. Архимедъ поднимаетъ Землю.
(Изъ стариннаго сочиненія по механикѣ).

Въ самомъ дѣлѣ. Земля вѣситъ круглымъ числомъ—

365.000.000.000.000.000.000.000 пудовъ.

Если человѣкъ можетъ прямо поднять только пять пудовъ, то чтобы поднять Землю, ему понадобится приложить свои руки къ длинному плечу рычага, которое больше короткаго въ

73.000.000.000.000.000.000.000 разъ!

Простой расчетъ убѣдитъ васъ, что пока конецъ короткаго плеча поднимется на 1 дюймъ, другой конецъ опишетъ во вселенной огромную дугу въ 1.740.000.000.000.000.000 верстъ!

Вотъ какой невообразимо длинный путь должна была бы пройти рука Архимеда, чтобы поднять земной шаръ только на одинъ дюймъ. Сколько же времени понадобилось бы ему для совершенія этого подвига? Считайте, что онъ способенъ въ секунду поднять пятипудовую гирю на одну сажень; тогда, чтобы пройти путь въ 1.740.000 билліоновъ верстъ и тѣмъ поднять нашу планету на одинъ дюймъ, ему понадобилось бы не менѣе *десяти билліоновъ* лѣтъ!

Слѣдовательно, если бы даже Архимедъ налегалъ на рычагъ цѣлый милліонъ лѣтъ, онъ не поднялъ бы Землю даже на толщину волоса. И если бы рука Архимеда пробѣгала этотъ путь съ самой большой скоростью, какую только мы наблюдаемъ въ природѣ, именно—со скоростью свѣта (280.000 верстъ въ секунду), то и тогда понадобилось бы *полтораста тысячъ лѣтъ*,

чтобы поднять Землю на одинъ дюймъ! За всю свою жизнь Архимедъ даже при такой фантастически быстрой работѣ не успѣлъ бы поднять земной шаръ на сотую долю толщины волоса...

И никакія ухищренія геніальнаго ученаго не помогли бы ему сократить этотъ срокъ. «Золотое правило механики» гласитъ, что на всякой машинѣ выигрышъ въ силѣ неизбѣжно сопровождается соотвѣтствующей потерей въ скорости, т. е. во времени.

Жюль-Верновскій силачъ и—формула Эйлера.

Вы помните у Жюля Верна силача-атлета Матифу? «Великолѣпная голова, пропорціональная исполинскому росту; грудь, похожая на кузнечный мѣхъ; ноги, какъ хорошія бревна; руки—настоящіе подъемные краны, съ кулаками, похожими на молоты»... Вѣроятно, изъ всѣхъ подвиговъ этого силача, описанныхъ въ романѣ «Матіасъ Сандорфъ», вамъ болѣе другихъ памятенъ поразительный случай со спускомъ судна «Trabocolo», когда гигантъ Матифу силою своихъ могучихъ рукъ задержалъ спускъ цѣлаго корабля.

Вотъ какъ разсказываетъ романистъ объ этомъ подвигѣ:

«Судно, освобожденное уже отъ подпорокъ, которыя поддерживали его по бокамъ, было готово къ спуску. Хотя оно имѣло не болѣе 50 тоннъ водоизмѣщенія, но представляло значительную массу, вслѣдствіе чего нужно было принять всѣ необходимыя предосторожности. Все уже было готово и приспособлено для спуска, ожидали только сигнала. Достаточно было отнять швартовъ, чтобы судно начало скользить внизъ. Уже съ полдюжины плотниковъ возилось подъ килемъ судна, стараясь приподнять его, покачнуть и направить его путь къ морю. Среди всеобщей тишины зрители съ живымъ любопытствомъ слѣдили за операціей. Въ этотъ моментъ, обогнувъ береговой выступъ, который прикрываетъ съ юга портъ Гравозу, появилась увеселительная яхта. Чтобы войти въ портъ, яхта должна была пройти передъ верфью, гдѣ подготовлялся спускъ «Trabocolo», и какъ только она подала сигналъ, пришлось во избѣжаніе всякихъ случайностей, задержать спускъ, чтобы снова приняться за дѣло послѣ прохода яхты въ каналъ. Если бы суда,—одно, стоявшее

поперекъ, другое, подвигающееся съ большой быстротой,—столкнулись, яхта погибла бы.

«Рабочіе перестали стучать молотками, а одинъ изъ нихъ, который долженъ былъ отнять швартовъ, получилъ приказаніе подождать. Всѣ взоры были устремлены на граціозное судно, бѣлые паруса которaго казались позолоченными въ косыхъ лучахъ солнца. Скоро яхта очутилась какъ разъ противъ верфи, гдѣ замерла тысячная толпа любопытныхъ. Вдругъ раздался крикъ ужаса: «Trabocolo» закачалось и пришло въ движеніе въ тотъ самый моментъ, когда яхта повернулась къ ней штирбортомъ! Оба судна готовы были столкнуться; не было ни времени, ни возможности помѣшать этому столкновенію. Въ отвѣтъ на испуганные крики зрителей раздался крикъ экипажа яхты. Тѣмъ временемъ «Trabocolo» быстро скользило внизъ по наклону... Бѣлый дымокъ, появившійся вслѣдствіе тренія, закрутился передъ его передней частью, тогда какъ корма погрузилась уже въ воду бухты (судно спускалось кормой впередъ).

«Вдругъ появляется человѣкъ, схватываетъ швартовъ, висящій у передней части «Trabocolo», и старается удержать его, пригнувшись къ землѣ. Въ одну минуту онъ наматываетъ швартовъ на вбитую въ землю желѣзную тумбу и, рискуя быть раздавленнымъ, держитъ съ нечеловѣческой силой въ рукахъ канатъ въ продолженіе 10 секундъ. Наконецъ, швартовъ обрывается. Но этихъ 10 секундъ было достаточно: «Trabocolo», погрузившись въ воду, только слегка задѣло яхту и пронеслось впередъ.

«Яхта была спасена. Что касается человѣка, которому никто не успѣлъ даже притти на помощь—такъ быстро и неожиданно все это произошло,—то это былъ Матифу».

Легко представляю себѣ, какъ изумился бы талантливый авторъ «Матіаса Сандорфа», если бы ему сказали, что для совершенія подобнаго подвига не нужно вовсе быть великаномъ и обладать, какъ Матифу, «силою тигра»: каждый находчивый человѣкъ, при самой обыкновенной силѣ мышцъ, могъ бы безъ труда сдѣлать то же самое!

Механика учитъ, что при скольженіи каната, обвитаго на тумбѣ, треніе возрастаетъ въ сильнѣйшей степени. Чѣмъ большее число разъ навить канатъ, тѣмъ треніе больше; правило возра-

станія тренія таково, что съ увеличеніемъ числа завитковъ въ ариѳметической прогрессіи, треніе растетъ въ геометрической прогрессіи. Поэтому даже слабый ребенокъ, держа за свободный конецъ каната, 3—4 раза навитаго на неподвижный валъ, можетъ уравновѣсить огромную тяжесть. Подростки, служащіе на рѣчныхъ пароходныхъ пристаняхъ, именно этимъ пріемомъ останавливаютъ подходящіе къ пристанямъ пароходы съ сотней пассажировъ. Помогаетъ имъ здѣсь не феноменальная сила ихъ рукъ, а изученная знаменитымъ Эйлеромъ зависимость величины тренія отъ числа оборотовъ веревки вокругъ столба.

Для тѣхъ изъ читателей, которыхъ не пугаетъ сжатый языкъ алгебраическихъ выраженій, приводимъ здѣсь эту поучительную формулу Эйлера:

$$F = fe^{k\alpha}.$$

Здѣсь F—та сила, противъ которой направлено наше усиліе f. Буквой e обозначено основаніе натуральныхъ логариѳмовъ, которое равно 2,718...; k—коэффиціентъ тренія между канатомъ и тумбой. Буквой α обозначенъ «уголъ навиванія», т. е. отношеніе длины дуги, охваченной веревкой, къ радіусу этой дуги.

Попробуемъ примѣнить эту формулу къ тому случаю, который описанъ у Жюля Верна. Результатъ получится поразительный. Силой F въ данномъ случаѣ является сила тяги судна, скользящаго по доку. Вѣсъ судна намъ извѣстенъ: 50 тоннъ, т. е. 3000 пудовъ. Пусть наклонъ дока $\frac{1}{10}$; тогда на канатъ дѣйствовалъ не полный вѣсъ судна, а $\frac{1}{10}$ его, т. е. 300 пудовъ. Итакъ, F=300 пудовъ.

Далѣе, величину k — коэффиціента тренія каната о желѣзную тумбу—будемъ считать равной $\frac{1}{3}$. Величину α легко опредѣлимъ, если приемъ, что Матифу обвилъ канатъ вокругъ тумбы всего три раза. Тогда:

$$\alpha = \frac{3 \times 2\pi r}{r} = 6\pi.$$

Подставивъ всѣ эти значенія въ приведенную выше формулу Эйлера, получимъ уравненіе:

$$300 = f.2{,}718^{6\pi^1/_3} = f.2{,}718^{2\pi}$$

Неизвѣстное f (т. е. величину необходимаго усилія) можно опредѣлить изъ этого уравненія, прибѣгнувъ къ помощи логариѳмовъ:

$$lg300 = lgf + 2\pi lg2{,}718;$$

откуда:

$$f = 0{,}6 \text{ пуда} = 24 \text{ фунт.}$$

Итакъ, великану Матифу, чтобы совершить свой подвигъ, достаточно было тянуть канатъ съ силою всего 24 фунтовъ!

Не думайте, что эта цыфра—24 фунта—только теоретическая, и что на самомъ дѣлѣ потребуется гораздо большее усиліе. Напротивъ, у насъ получился результатъ даже черезчуръ значительный: при *пеньковой* веревкѣ и *деревянной* сваѣ усиліе потребуется до смѣшного ничтожное. Лишь бы веревка была достаточно крѣпка и могла выдержать натяженіе, — тогда даже ребенокъ, благодаря формулѣ Эйлера, могъ бы, навивъ веревку 3—4 раза, не только повторить подвигъ жюль-верновскаго исполина, но и превзойти его.

Отъ чего зависитъ крѣпость узловъ?

Въ обыденной жизни мы часто пользуемся той выгодой, на которую указываетъ намъ *формула Эйлера.* Что такое, напримѣръ, любой узелъ, какъ не бечевка, навитая на валикъ, роль котораго въ данномъ случаѣ играетъ другая часть той же бечевки? Крѣпость всякаго рода узловъ—обыкновенныхъ, «бесѣдочныхъ», «морскихъ», — всякаго рода завязокъ, бантовъ и т. п. зависитъ исключительно отъ тренія, которое здѣсь усиливается во много разъ вслѣдствіе того, что шнурокъ обвивается вокругъ самого себя, какъ веревка вокругъ тумбы. Въ этомъ не трудно убѣдиться, если прослѣдить за изгибами шнурка въ узлѣ. Чѣмъ больше этихъ изгибовъ, чѣмъ больше разъ бечевка обвивается вокругъ самой себя—тѣмъ больше «уголъ навиванія» въ формулѣ Эйлера, а слѣдовательно, тѣмъ крѣпче узелъ.

Безсознательно пользуется формулой Эйлера и портной, когда пришиваетъ пуговицу. Онъ много разъ обматываетъ нить вокругъ захваченнаго стежкомъ участка сукна, и затѣмъ обрываетъ нить. За прочность шитья онъ можетъ быть спокоенъ: если только нитка крѣпка, пуговица не отпорется. Здѣсь примѣняется уже знакомое намъ правило: съ увеличеніемъ числа оборотовъ нитки въ ариѳметической прогрессіи, крѣпость шитья возрастаетъ въ геометрической прогрессіи.

Если бы не было тренія, мы не могли бы связать двухъ бечевокъ или завязать шнурки ботинокъ; не могли бы мы пользоваться и пуговицами: нитки размотались бы подъ ихъ тяжестью, и нашъ костюмъ остался бы безъ единой пуговицы.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Вращательное движеніе.—Центробѣжная сила.

Почему не падаетъ вращающійся волчокъ?

Безъ преувеличенія можно сказать, что изъ тысячи людей, забавлявшихся въ дѣтствѣ верченіемъ волчка, едва ли хоть одинъ сможетъ правильно отвѣтить на этотъ вопросъ. Въ самомъ дѣлѣ: не странно ли, что вращающійся волчокъ, поставленный вертикально или даже наклонно, не опрокидывается вопреки всякимъ ожиданіямъ? Какая сила удерживаетъ его въ такомъ, казалось бы, неустойчивомъ положеніи? Развѣ тяжесть не дѣйствуетъ на этотъ маленькій предметъ?

Конечно, никакого исключенія изъ законовъ природы для волчка не дѣлается. Здѣсь имѣетъ мѣсто лишь чрезвычайно любопытное взаимодѣйствіе силъ.

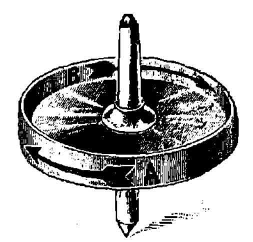


Рис. 22. Почему волчокъ не падаетъ?

На рис. 22 изображенъ волчокъ, вращающійся въ направленіи черныхъ стрѣлокъ. Обратите вниманіе на часть *A* впереди волчка и на часть *B*, діаметрально противоположную ей. Часть *A* стремится двигаться справа налѣво, часть *B* — слѣва направо. Теперь прослѣдите, какое движеніе получаютъ эти части, когда вы толкаете ось волчка отъ себя. Такимъ толчкомъ вы заставляете часть *A* двигаться вверхъ, часть *B*—внизъ, т. е. обѣ части получаютъ толчокъ подъ прямымъ угломъ къ ихъ собственному движенію. Но такъ какъ при быстро вращающемся волчкѣ первоначальная скорость частей диска очень велика, то вполнѣ понятно, что

волчокъ какъ бы сопротивляется попыткѣ опрокинуть его. Чѣмъ массивнѣе волчокъ и чѣмъ быстрѣе онъ вращается, тѣмъ упорнѣе сопротивляется онъ опрокидыванію.

Итакъ, мы уже знаемъ, какая причина мѣшаетъ волчку опрокинуться, несмотря на то, что онъ находится, казалось бы, въ неустойчивомъ положеніи. Это хорошо знакомая намъ *инерція*— основное свойство матеріи, состоящее въ томъ, что всякая матеріальная частица стремится сохранять неизмѣннымъ направленіе своего движенія. Мы не будемъ разсматривать здѣсь всѣхъ движеній волчка, которыя возникаютъ при дѣйствіи на него посторонней силы. Это потребовало бы очень подробныхъ объясненій, которыя, пожалуй, покажутся скучными большинству читателей. Мы хотѣли лишь разъяснить причину основного стремленія всякаго вращающагося тѣла—сохранять неизмѣннымъ направленіе оси вращенія. Этимъ свойствомъ объясняется цѣлый рядъ явленій, съ которыми мы сталкиваемся въ обыденной жизни. Самый искусный велосипедистъ ни минуты не усидѣлъ бы на своемъ стальномъ конѣ, если бы быстро вращающіяся колеса не стремились сохранять горизонтальность своихъ осей: вѣдь колеса—тѣ же волчки, только оси ихъ не вертикальны, а горизонтальны. И вотъ почему такъ трудно ѣхать на велосипедѣ медленно: колеса перестаютъ быть волчками. Ребенокъ, катящій свой обручъ, безсознательно пользуется тѣмъ же свойствомъ вращающихся тѣлъ: пока обручъ находится въ быстромъ вращеніи, онъ не падаетъ. Игра съ діаболо цѣликомъ основана на томъ же принципѣ: сначала мы помощью бечевки приводимъ двойной конусъ діаболо въ быстрое вращательное движеніе и за-



Рис. 23. Діаболо легко поймать только потому, что онъ во время взлета и паденія не перестаетъ вращаться.

тѣмъ кидаемъ его высоко вверхъ; но, летя вверхъ и падая затѣмъ внизъ, вращающійся діаболо не перестаетъ сохранять горизонтальность оси вращенія—вотъ почему его такъ легко поймать на вытянутую бечевку, снова подкинуть, вновь поймать и т. д. Если бы діаболо не вращался, все это было бы неисполнимо даже для самаго искуснаго жонглера.

Искусство жонглеровъ.

Кстати о жонглерахъ: почти всѣ удивительнѣйшіе «номера» ихъ разнообразной программы основаны опять-таки на стремленіи вращающихся тѣлъ сохранять направленіе оси вращенія. Позволю себѣ привести здѣсь выписку изъ увлекательной книги современнаго англійскаго физика, проф. Джона Перри, «Вращающійся волчокъ»:

«Однажды я показывалъ нѣкоторые изъ моихъ опытовъ передъ публикой, пившей кофе и курившей табакъ въ великолѣпномъ помѣщеніи концертной залы «Викторія» въ Лондонѣ. Я

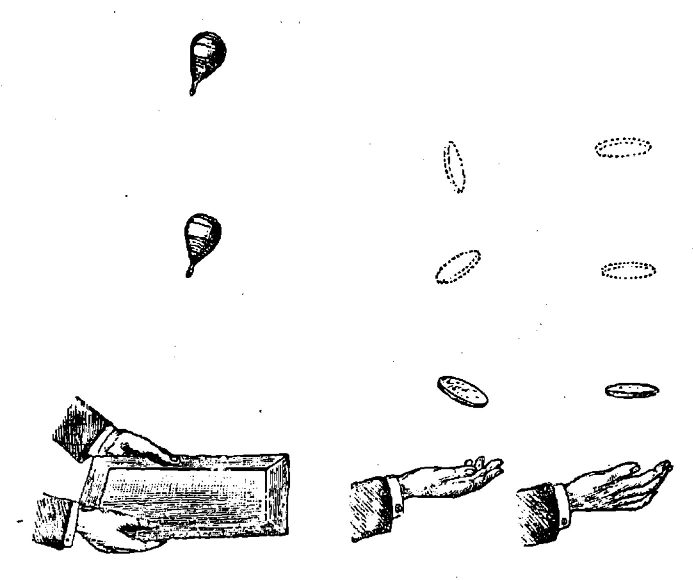


Рис. 24. Вращающіеся волчокъ и монета при подбрасываніи сохраняютъ въ пространствѣ свое первоначальное положеніе; монета же, подброшенная безъ вращенія, не сохраняетъ первоначальнаго положенія.

старался заинтересовать моихъ слушателей, насколько могъ, и разсказывалъ о томъ, что плоскому кольцу надо сообщить вращеніе, если его желаютъ бросить такъ, чтобы можно было напередъ указать, куда оно упадетъ; точно такъ же поступаютъ, если хотятъ кому-нибудь бросить шляпу такъ, чтобы онъ могъ поймать этотъ предметъ палкой. Всегда можно разсчитывать на сопротивленіе, которое оказываетъ вращающееся тѣло, когда измѣняютъ направленіе его оси. Далѣе я объяснялъ моимъ слушателямъ, что, отполировавъ гладко дуло пушки, никогда нельзя разсчитывать на точность прицѣла; что вращеніе, въ которое приходитъ обыкновенное ядро, зависитъ прежде всего оттого, какимъ образомъ ядро коснется отверстія пушки въ моментъ, когда оно изъ нея вылетаетъ; вслѣдствіе этого теперь дѣлаютъ нарѣзныя дула, т. е. вырѣзываютъ на внутренней сторонѣ дула пушекъ спиралеобразные желобы, въ которые приходятся выступы ядра или снаряда, такъ что послѣдній долженъ получить вращательное движеніе, когда сила взрыва пороха заставляетъ его двигаться по дулу пушки. Благодаря этому, снарядъ покидаетъ пушку съ точно опредѣленнымъ вращательнымъ движеніемъ, относительно котораго не можетъ возникнуть никакого сомнѣнія. Рис. 26 указываетъ на видъ движенія, которое затѣмъ совершаетъ снарядъ: совершенно такъ же, какъ у шляпы или кольца, его ось вращенія остается почти параллельной сама себѣ.

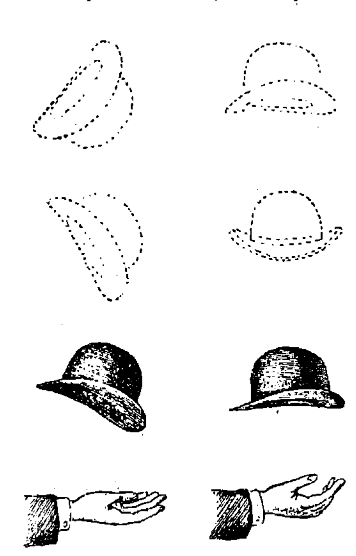


Рис. 25. Если вы хотите подбросить шляпу такъ, чтобы удобно было ее поймать — сообщите ей вращеніе (вокругъ вертикальной оси).

«Это было все, что я могъ сдѣлать во время этой лекціи, такъ какъ я не обладаю ловкостью въ метаніи шляпъ или дисковъ. Но послѣ того, какъ я закончилъ свою лекцію и затѣмъ молодая дама пропѣла комическую пѣсню, на подмостки выступили два жонглера, господинъ и дама, и я не могъ пожелать лучшей иллюстраціи упомянутыхъ выше законовъ, нежели та,

которую давалъ каждый отдѣльный фокусъ, показанный этими двумя артистами. Они бросали другъ другу вращающіяся шляпы, обручи, тарелки, зонтики... Одинъ изъ жонглеровъ бросалъ въ воздухъ цѣлый рядъ ножей, ловилъ ихъ опять и снова подбрасывалъ съ большой точностью вверхъ; моя аудиторія, только что, прослушавъ объясненіе этихъ явленій, ликовала отъ удо-

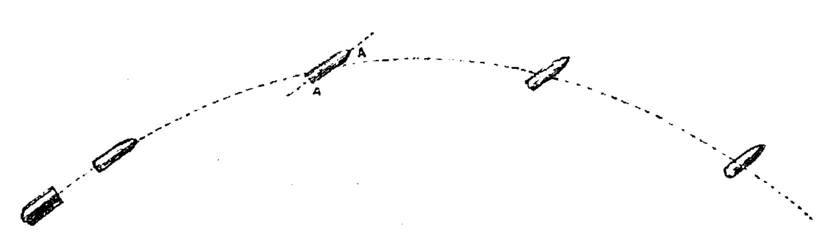


Рис. 26. Ядро, вылетѣвшее изъ нарѣзного канала пушки, вращается вокругъ своей продольной оси (*AA*) и поэтому во все время полета остается параллельнымъ самому себѣ.

вольствія и обнаруживала самымъ явнымъ образомъ, что она замѣчала вращеніе, которое жонглеръ сообщалъ каждому ножу, выпуская его изъ руки, такъ что онъ могъ навѣрное знать, въ какомъ положеніи ножъ снова вернется къ нему. Я былъ тогда пораженъ, что почти всѣ безъ исключенія жонглерскія фокусы, показанные въ тотъ вечеръ, представляли иллюстрацію изложеннаго выше принципа».

Новое рѣшеніе Колумбовой задачи.

Колумбъ рѣшилъ свою задачу о томъ, чтобы поставить яйцо, черезчуръ ужъ просто: надломилъ скорлупу.

Такое рѣшеніе, въ сущности, невѣрно: надломивъ скорлупу яйца, Колумбъ измѣнилъ его форму и, слѣдовательно, поставилъ не яйцо, а другое тѣло; вѣдь вся суть здѣсь въ *формѣ* яйца— измѣняя форму, мы тѣмъ самымъ какъ бы замѣняемъ его другимъ тѣломъ. Колумбъ далъ рѣшеніе задачи *не для того тѣла, для котораго оно искалось.*

А вы можете рѣшить задачу великаго мореплавателя, нисколько не измѣняя формы яйца, если воспользуетесь свойствомъ волчка; для этого достаточно только привести яйцо въ вращательное движеніе вокругъ его длинной оси, и оно будетъ, не опро-

кидываясь, стоять нѣкоторое время на тупомъ или даже на остромъ концѣ. Какъ это сдѣлать—показываютъ рисунки: яйцу при-



Рис. 27. Какъ поставить яйцо, не надламывая его.

даютъ вращательное движеніе, быстро перекатывая его между пальцами. Отнявъ руки, вы увидите, что яйцо продолжаетъ еще нѣкоторое время вращаться стоймя: задача Колумба рѣшена!

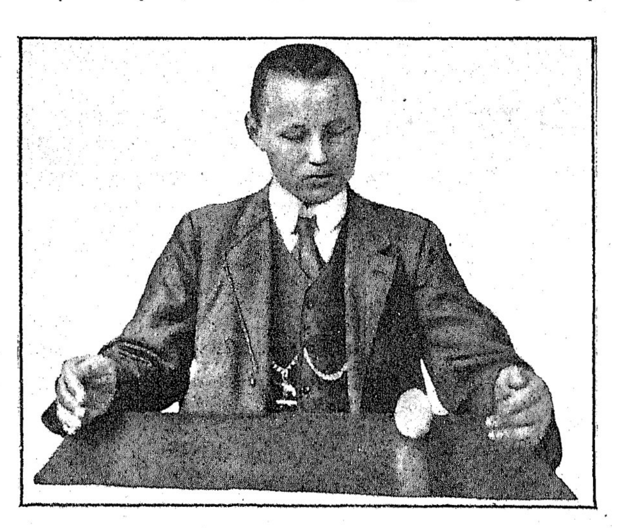


Рис. 28. Рѣшеніе задачи Колумба: яйцо вращается стоймя.

Для опыта необходимо брать непремѣнно вареныя яйца *). Сколько бы вы ни старались, вамъ едва ли удастся заставить вращаться сырое яйцо, потому что внутренняя жидкая масса является въ данномъ случаѣ какъ бы тормазомъ. Въ этомъ, между прочимъ, состоитъ простой способъ отличать сырыя яйца отъ сваренныхъ вкрутую—секретъ, не извѣстный многимъ хозяйкамъ.

Уничтоженная тяжесть.

На рис. 29 изображенъ опытъ, который навѣрное знакомъ вамъ: вращая достаточно быстро стаканъ съ водой, какъ показано на рисункѣ, вы достигаете того, что вода не выливается изъ стакана даже въ той части пути, гдѣ стаканъ опрокинутъ вверхъ дномъ.

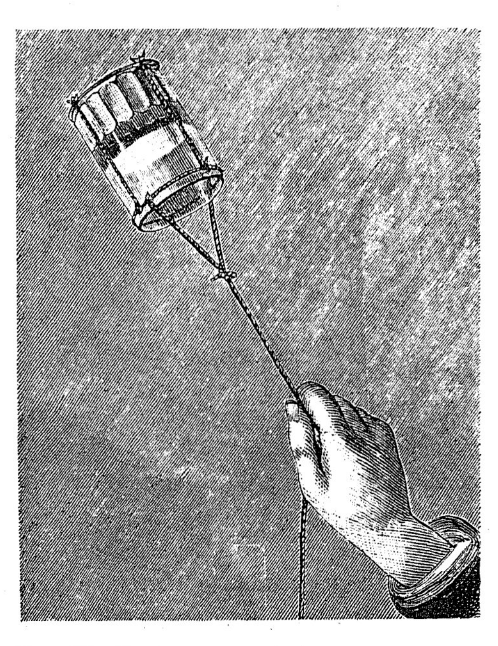


Рис. 29. Вода не выливается изъ стакана, если заставить его достаточно быстро кружиться.

Вѣроятно, для васъ не составитъ затрудненія объяснить причину столь страннаго на первый взглядъ явленія: центробѣжная сила, стремящаяся удалить вращающееся тѣло отъ центра, настолько велика въ данномъ случаѣ, что превышаетъ силу тяжести—естественно, что вода не выливается.

Напоминаю объ этомъ общеизвѣстномъ опытѣ потому, что хочу предложить читателю задачу: съ какою скоростью достаточно вращать стаканъ, чтобы развить центробѣжную силу, необходимую для успѣшности опыта?

*) Это ограниченіе не противорѣчитъ условію Колумбовой задачи: предложивъ свою задачу, Колумбъ взялъ яйцо тутъ же со стола,—а къ столу, надо полагать, поданы были не сырыя яйца.

Вычисленіе произвести очень не трудно, зная, что ускореніе центробѣжной силы $= \frac{v^2}{R}$, гдѣ v - скорость, а R—радіусъ круга. Мы хотимъ, чтобы это ускореніе было не меньше ускоренія, сообщаемаго тѣлу силою тяжести, т. е. не меньше 9,8 метра. Допустимъ для простоты, что длина веревки, на которой вращается нашъ стаканъ, равна 1-му метру. Тогда имѣемъ равенство

$$\frac{v^2}{1 \text{ метръ}} = 9{,}8 \text{ метра},$$

изъ котораго ясно, что искомая скорость вращенія $v = \sqrt{9{,}8} = 3{,}14$ метра въ секунду. Такъ какъ длина окружности, описанной радіусомъ въ 1 метръ, равна 6,28 метра, то чтобы вода не вылилась, нашъ стаканъ долженъ дѣлать полный оборотъ въ 2 секунды. Подобная быстрота вращенія вполнѣ достижима, и опытъ обыкновенно удается безъ труда.

Замѣтьте, что при такомъ вращеніи вѣсъ стакана все время мѣняется: въ верхней части его пути вѣсъ его совершенно уничтожается центробѣжной силой; зато внизу онъ удваивается, такъ какъ здѣсь центробѣжная сила прибавляется къ нормальному вѣсу тѣла.

Вы выступаете въ роли Галилея.

Одно время для любителей сильныхъ ощущеній устраивалось весьма своеобразное развлеченіе—такъ наз. «чортова качель». Въ сборникѣ научныхъ забавъ Федо оно описано такъ:

«Качель подвѣшена къ прочной горизонтальной перекладинѣ, перекинутой черезъ комнату на извѣстной высотѣ надъ поломъ. Когда всѣ сядутъ, особо приставленный къ этому служитель запираетъ входную дверь, убираетъ доску, служившую для входа, и, заявивъ, что онъ сейчасъ дастъ возможность зрителямъ сдѣлать небольшое воздушное путешествіе — повидимому, начинаетъ легонько раскачивать качель. Вслѣдъ затѣмъ онъ садится назади качели, подобно кучеру въ кэбахъ, или даже совсѣмъ выходитъ изъ залы.

«Между тѣмъ размахи качели становятся все больше и больше; она, повидимому, поднимается до высоты перекладины, потомъ переходитъ за нее все выше и выше—и, наконецъ, описываетъ полный кругъ. Движеніе ускоряется все больше и больше

и качающіеся, хотя по большей части уже предупрежденные, испытываютъ несомнѣнныя ощущенія качанія и быстраго движенія; имъ кажется, что они несутся внизъ головой въ пространствѣ,

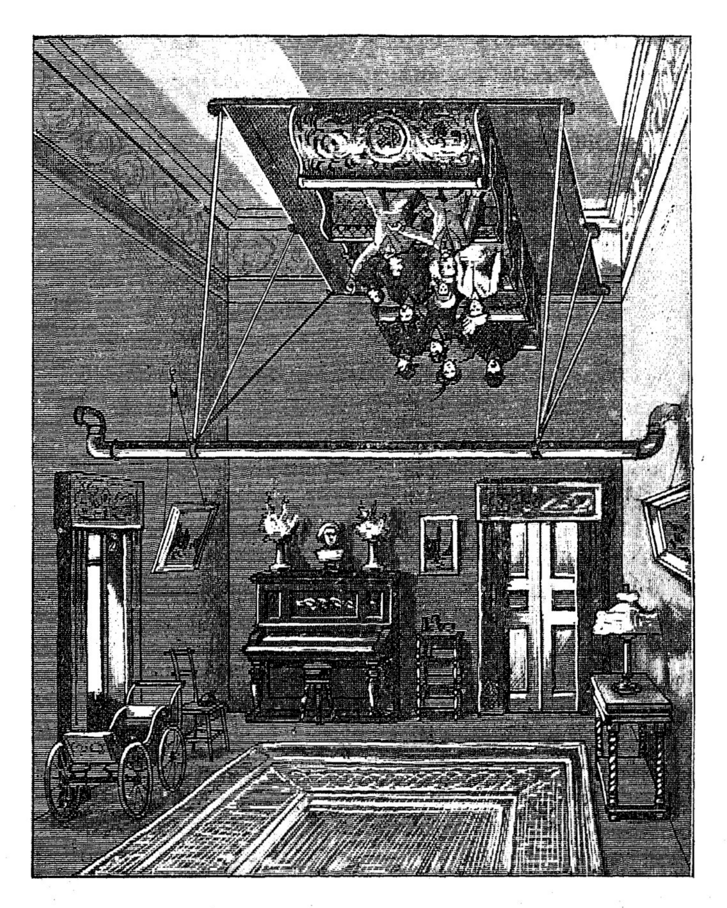


Рис. 30. Что кажется пассажирамъ «чортовой качели».

такъ что невольно хватаются за спинки сидѣній, чтобы не упасть.

«Но вотъ размахи начинаютъ уменьшаться; качель не поднимается уже болѣе на высоту перекладины, и еще черезъ нѣсколько секундъ останавливается совершенно.

«На самомъ же дѣлѣ качель *все время висѣла неподвижно*, пока продолжался опытъ и, напротивъ, сама комната, съ помощью

очень несложнаго механизма .вращалась вокругъ зрителей или, лучше сказать, вокругъ горизонтальной оси. Всякаго рода мебель прочно прикрѣплена къ полу или къ стѣнамъ залы; лампа, припаянная къ столу такъ, что она, повидимому, легко можетъ перевернуться, состоитъ изъ электрической лампочки накаливанія, скрытой подъ большимъ колпакомъ. Служитель, который, повидимому, раскачивалъ качель, давая ему легкіе толчки, въ сущности сообразовалъ ихъ съ легкими колебаніями залы и дѣлалъ только видъ, что раскачиваетъ. Вся обстановка способствуетъ полному успѣху обмана».

Секретъ иллюзіи, какъ видите, простъ до смѣшного. И все-таки я убѣжденъ, что если бы теперь, уже зная, въ чемъ обманъ, вы очутились на «чортовой качели»—вы неизбѣжно поддались бы той же иллюзіи. Вы знали бы, что висите неподвижно, и несмотря на это, все-таки чувствовали бы, что васъ кружитъ внизъ головой. Такова сила иллюзіи! Помните стихотвореніе Пушкина «Движеніе»?

Движенья нѣтъ,—сказалъ мудрецъ брадатый *),
Другой **) смолчалъ—и сталъ предъ нимъ ходить.
Сильнѣе бы не могъ онъ возразить.
Хвалили всѣ отвѣтъ замысловатый.

Но, господа, забавный случай сей
Другой примѣръ на память мнѣ приводитъ:
Вѣдь каждый день надъ нами солнце ходитъ,
Однакожъ правъ упрямый Галилей!

Среди вашихъ сосѣдей по «качели», не посвященныхъ въ ея секретъ, вы были бы своего рода Галилеемъ — только навыворотъ: Галилей доказывалъ, что небо неподвижно, а кружимся, вопреки очевидности, мы сами; вы же будете доказывать, что мы неподвижны, а вся комната вертится вокругъ насъ. Возможно, что вамъ пришлось бы при этомъ испытать и печальную участь Галилея: вамъ не повѣрили бы, васъ осыпали бы насмѣшками, какъ человѣка, спорящаго противъ самыхъ очевидныхъ вещей...

---

*) Греческій философъ Зенонъ Элейскій (VI в. до Р. Хр.), учившій, что все въ мірѣ неподвижно и что только вслѣдствіе обмана чувствъ намъ кажется, что какое-либо тѣло движется.

**) Діогенъ.

Мой споръ съ вами.

Вотъ вамъ задача: вообразите, что вы въ самомъ дѣлѣ очутились въ «чортовой качели» и хотите доказать своимъ сосѣдямъ, что они заблуждаются. Не думайте, что это будетъ очень

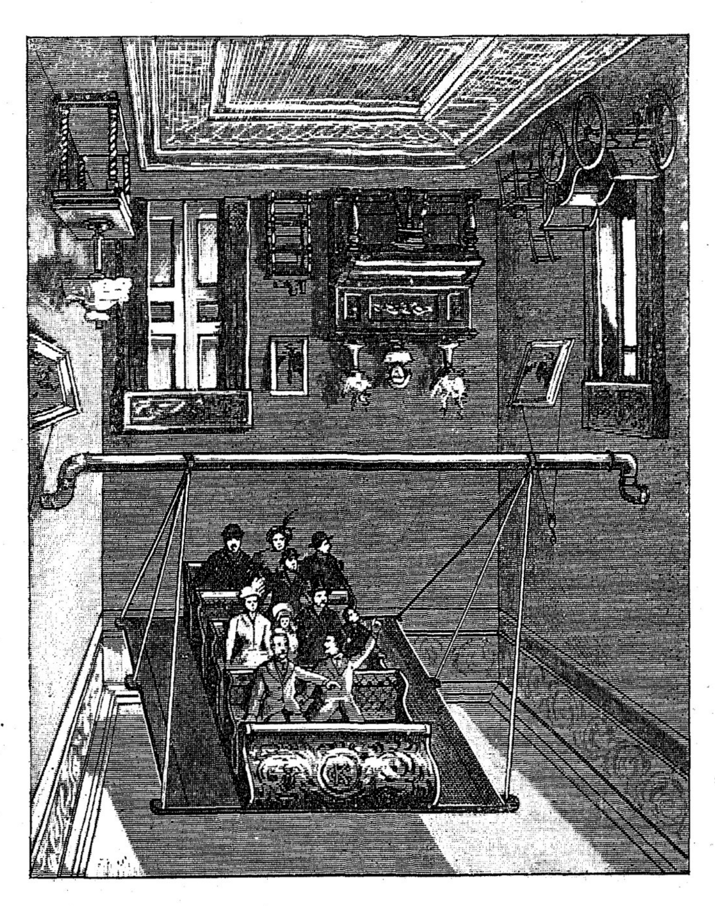


Рис. 31. Что происходитъ на самомъ дѣлѣ.

просто. Я предлагаю вамъ вступить со мной въ этотъ споръ. Сядемъ вмѣстѣ съ вами въ «чортову качель», дождемся момента, когда, раскачавшись, она начнетъ, повидимому, описывать полные круги, и заведемъ ученый диспутъ о томъ, что̀ кружится: качель

или вся комната? Прошу только помнить, что во время спора мы не должны покидать качели; все необходимое захватите съ собой, пожалуйста, заблаговременно.

Вы. Какъ можно сомнѣваться въ томъ, что мы неподвижны, а вертится комната! Вѣдь если бы нашу качель опрокинуть вверхъ дномъ, то мы съ вами не повисли бы внизъ головой, а выпали бы изъ нея. Но мы, слава Богу, не падаемъ. Значитъ, вертится комната, а не качель.

Я. Однако, вспомните, что вода изъ быстро кружащагося стакана не выливается, хотя при вращенiи онъ и опрокидывается вверхъ дномъ (см. стр. 43). Велосипедистъ въ «чортовой петлѣ» (см. далѣе, стр. 55) также не падаетъ, хотя и ѣдетъ внизъ головой. И воду, и велосипедиста удерживаетъ центробѣжная сила. Быть можетъ, и мы вращаемся съ такой скоростью, что центробѣжная сила уничтожаетъ нашу тяжесть.

Вы. Но мы легко можемъ вычислить центробѣжную силу и убѣдиться, достаточна ли она, чтобы уничтожить силу тяжести. Зная наше разстоянiе отъ оси вращенiя и число оборотовъ въ секунду, мы легко опредѣлимъ по формулѣ...

Я. Не трудитесь вычислять. Владѣлецъ «чортовой качели», зная о нашемъ спорѣ, предупредилъ меня, что число оборотовъ будетъ вполнѣ достаточно, чтобы явленiе объяснялось по-моему. Слѣдовательно, вычисленiе на этотъ разъ ничего не докажетъ: каждый изъ насъ въ правѣ будетъ оставаться при своемъ мнѣнiи.

Вы. Но я еще не потерялъ надежду васъ переубѣдить. Видите, вода изъ этого стакана не выливается на полъ... Впрочемъ, вы и тутъ сошлетесь на центробѣжную силу. Хорошо же: вотъ отвѣсъ—онъ все время направленъ къ нашимъ ногамъ, т. е. внизъ. Если бы вертѣлись мы, а комната оставалась неподвижной, отвѣсъ былъ бы все время обращенъ къ полу,—т. е. вытягивался бы то къ нашимъ головамъ, то въ стороны.

Я. Ошибаетесь: если бы мы вертѣлись съ достаточной скоростью, — именно такъ, чтобы центробѣжное ускоренiе превышало ускоренiе тяжести,—отвѣсъ все время былъ бы натянутъ вдоль радiуса вращенiя, т. е. къ нашимъ ногамъ. Это мы и наблюдаемъ.

Вы. Ну, вотъ вамъ, наконецъ, рѣшающiй опытъ: я роняю свой портсигаръ за бортъ нашей качели, и онъ падаетъ—прямо

въ потолокъ! Ясно, что потолокъ очутился на мѣстѣ пола, потому что предметы, сколько извѣстно, вверхъ не падаютъ.

Я. Опять вы забыли о центробѣжной силѣ! Вѣдь она можетъ преодолѣть силу тяжести. Слѣдовательно, вашъ портсигаръ вовсе не долженъ былъ упасть непремѣнно на полъ: центробѣжная сила можетъ отбросить его, вопреки силѣ тяжести, и на потолокъ и на стѣны.

Вы. Если такъ, то я васъ поймалъ вашей центробѣжной силой. Вы говорите, что комната не вертится, да? Почему же, въ такомъ случаѣ, мой портсигаръ продолжаетъ спокойно лежать на потолкѣ, а не падаетъ съ него на полъ?

Я. Меня тоже удивляетъ, что портсигаръ, уроненный вами на потолокъ, такъ и остался лежать на немъ. Но если бы вы были правы, т. е. если бы комната вертѣлась вокругъ насъ,— портсигаръ долженъ былъ перекидываться съ потолка на полъ и на стѣны.

Вы. Но позвольте: вѣдь это и доказываетъ, что комната вертится: портсигаръ удерживается на потолкѣ тою же центробѣжною силою, которая такъ долго помогала вамъ оспаривать меня. Теперь она заговорила въ мою пользу!

Я. Да, но увѣрены ли вы, что и полъ и, потолокъ, и всѣ стѣны не покрыты слоемъ липкаго клея, удерживающимъ упавшія на него вещи? Любезный владѣлецъ «чортовой качели», зная о нашемъ спорѣ, конечно, предусмотрѣлъ это и позаботился о томъ, чтобы споръ затянулся подольше. Какъ видите, и этотъ доводъ пока ничего еще не доказываетъ.

Финалъ нашего спора.

Теперь позвольте посовѣтовать вамъ, какъ одержать побѣду въ этомъ спорѣ. Надо взять съ собой на «качель» пружинные вѣсы, положить на ихъ чашку гирю, напримѣръ, въ 1 фунтъ, и слѣдить за положеніемъ указателя: онъ все время будетъ показывать одинъ и тотъ же вѣсъ, именно—одинъ фунтъ. Это и есть безспорное доказательство неподвижности качели.

Въ самомъ дѣлѣ: если бы мы вмѣстѣ съ пружинными вѣсами описывали круги около оси, то на гирю, кромѣ силы тяжести дѣйствовала бы также центробѣжная сила, которая въ

нижнихъ точкахъ нашего пути *прибавлялась* бы къ вѣсу гири, а въ верхнихъ—*отнималась* бы отъ него; мы должны были бы замѣчать, что гиря то становится тяжелѣе (вдвое съ лишнимъ), то почти ничего не вѣситъ. А разъ этого не замѣтно, значитъ—вращается комната, а не мы.

Въ заколдованномъ шарѣ.

Одинъ предприниматель (конечно, американецъ) устроилъ для развлеченія публики очень забавную и даже поучительную карусель въ формѣ шарообразной вращающейся комнаты. Люди внутри ея испытываютъ такія необыкновенныя ощущенія, какія мы считаемъ возможными развѣ только во снѣ или въ волшебной сказкѣ.

Чтобы понять устройство этого заколдованнаго шара, вспомнимъ сначала, что испытываетъ человѣкъ, стоящій на быстро вращающейся круглой платформѣ. Центробѣжная сила, развивающаяся при ея вращеніи, стремится отбросить человѣка наружу; чѣмъ дальше вы стоите отъ центра, тѣмъ сильнѣе будетъ клонить и тянуть васъ наружу. Если вы закроете глаза, вамъ будетъ казаться, что вы стоите не на ровномъ полу, а на наклонной плоскости, на которой съ трудомъ сохраняете равновѣсіе. Это станетъ понятно, когда разсмотримъ, какія силы дѣйствуютъ здѣсь

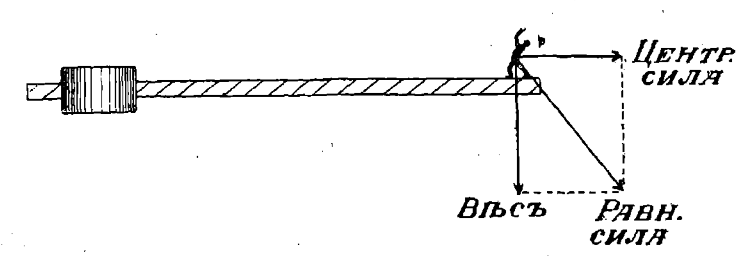


Рис. 32. Что испытываетъ человѣкъ на краю вращающейся платформы. (Платформа изображена въ разрѣзѣ).

на ваше тѣло (рис. 32). Центробѣжная сила тянетъ васъ горизонтально; тяжесть—тянетъ внизъ; обѣ силы, складываясь по правилу параллелограмма, даютъ равнодѣйствующую силу, которая тянетъ тѣло н а к л о н н о в н и з ъ. Чѣмъ быстрѣе вра-

щается платформа, тѣмъ больше становится эта равнодѣйствующая и направляется болѣе отлого.

Представьте же себѣ теперь, что край платформы загнутъ вверхъ, и вы стоите на этой наклонной, отогнутой части. Если платформа неподвижна, вы въ такомъ положенiи не удержитесь, а сползете или даже опрокинетесь. Другое дѣло, если платформа

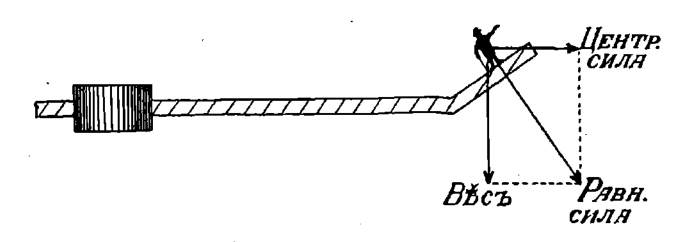


Рис. 33. Человѣкъ спокойно стоитъ на наклонной части вращающейся платформы.

вращается: тогда эта наклонная плоскость станетъ для васъ, при извѣстной скорости, какъ бы горизонтальной, потому что равнодѣйствующая вѣса и центробѣжной силы направится тоже наклонно, подъ прямымъ угломъ къ отогнутой части платформы *).

Легко понять, что чѣмъ центробѣжная сила больше, тѣмъ подъ бóльшимъ угломъ должна быть наклонена платформа, чтобы находящiйся на ней человѣкъ не упалъ,—и наоборотъ. Центробѣжная же сила, какъ извѣстно, возрастаетъ съ удаленiемъ отъ оси. Если вращающейся платформѣ придать такую кривизну, чтобы при опредѣленной скорости уголъ наклона ея поверхности въ каждой точкѣ соотвѣтствовалъ направленiю равнодѣйствующей, то помѣщенный на ней человѣкъ будетъ чувствовать себя во всѣхъ ея точкахъ, какъ на горизонтальной плоскости. Математическимъ вычисленiемъ найдено, что такая кривая поверхность есть внутренняя поверхность особаго геометрическаго тѣла—*параболоида*. Эту поверхность можно получить, если быстро вращать вокругъ своей оси стаканъ, до половины налитый

*) Это, кстати, объясняетъ, почему на закругленiяхъ желѣзнодорожнаго пути наружный рельсъ устраиваютъ выше внутренняго, а также почему наклоняютъ внутрь круговую дорожку для велосипедовъ и почему нѣкоторые велосипедисты-виртуозы могутъ кататься по круто наклоненному круговому настилу (рис. 34).

*

водою: тогда вода у краевъ поднимется, а въ центрѣ опустится, и поверхность ея приметъ форму параболоида.

Если, вмѣсто воды, въ стаканъ налить растопленный воскъ и продолжать вращеніе до тѣхъ поръ, пока воскъ не остынетъ, то затвердѣвшая поверхность его дастъ намъ точную форму параболоида. При извѣстной скорости вращенія такая поверх-

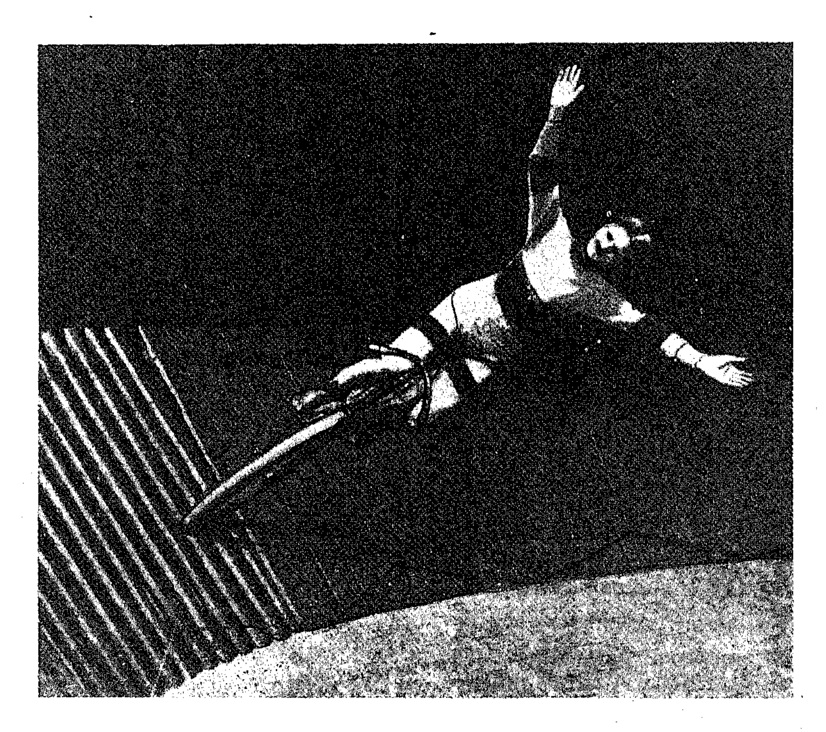


Рис. 34. Велосипедистъ, ѣдущій по наклонной круговой дорожкѣ, удерживается въ равновѣсіи центробѣжной силой.

ность является для тяжелыхъ тѣлъ какъ бы горизонтальной: шарикъ, положенный въ любую ея точку, не скатывается внизъ, а остается въ равновѣсіи (рис. 35).

Теперь легко будетъ понять устройство заколдованной сферы. Дно ея (см. рис. 36) составляетъ большая вращающаяся платформа, которой придана кривизна пароболоида. Хотя вращеніе, благодаря скрытому подъ платформой механизму, совершается чрезвычайно плавно, но все же люди на платформѣ испытывали бы головокруженіе, если бы всѣ окружающіе предметы не пере-

мѣщались вмѣстѣ съ ними; чтобы избѣжать этого и не дать возможности наблюдателю догадаться, что онъ движется, вращающуюся платформу помѣщаютъ внутри большого шара, непрозрачныя стѣнки котораго движутся съ такою же скоростью, какъ и сама платформа.

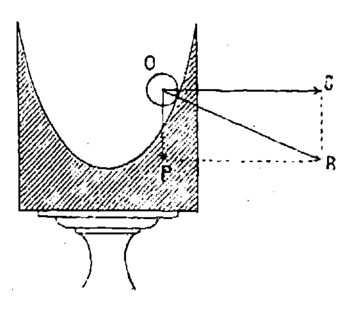


Рис. 35. Если этотъ бокалъ вращать съ надлежащей скоростью, то шарикъ не скатится на его дно: равнодѣйствущая (R) силы тяжести (P) и центробѣжной силы (C) будетъ прижимать шарикъ къ стѣнкѣ.

Таково устройство «волшебной сферы». Что же испытываете вы, находясь на платформѣ, внутри сферы? Когда сфера вращается, полъ подъ ногами кажется вамъ горизонтальнымъ, въ какой бы точкѣ кривой платформы вы ни находились — у оси, гдѣ полъ дѣйствительно горизонталенъ, или у края, гдѣ онъ наклоненъ на 45 градусовъ. Если вы перейдете съ одного края платформы на другой, то вамъ покажется, будто весь огромный шаръ, съ легкостью мыльнаго пузыря, перевалился на другой бокъ

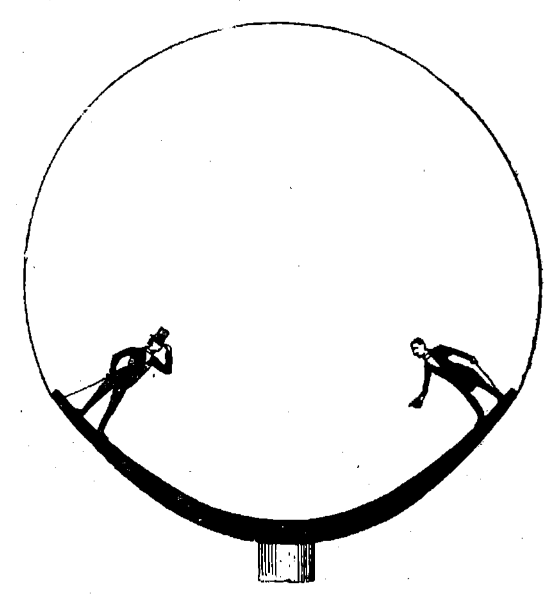


Рис. 36. Истинное положенiе людей внутри «заколдованнаго шара».

подъ тяжестью вашего тѣла: вѣдь вы во всякой точкѣ чувствуете себя, какъ на горизонтальной плоскости! Положеніе же другихъ людей, стоящихъ въ наклонномъ положеніи, должно представляться вамъ до крайности необычайнымъ: вамъ буквально будетъ казаться, что люди, какъ мухи, ходятъ по стѣнамъ.

Вода, вылитая на полъ заколдованнаго шара, растеклась бы ровнымъ слоемъ по его кривой поверхности. Людямъ казалось бы, что вода стоитъ передъ ними наклонной стѣной...

Еще болѣе удивительные эффекты можетъ создать велосипедистъ, катающійся внутри этой сферы. Если онъ станетъ бы-

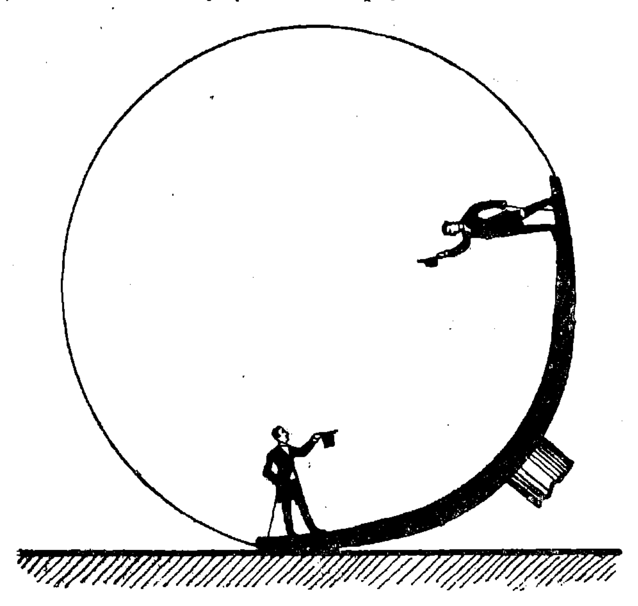


Рис. 37. Что представляется человѣку, находящемуся внутри «заколдованнаго шара».

стро кружиться на платформѣ въ направленіи ея вращенія, то развиваемая имъ центробѣжная сила присоединится къ центробѣжной силѣ сферы; вслѣдствіе этого, велосипедъ пріобрѣтаетъ такую устойчивость, что можетъ, не опрокидываясь, въѣзжать на внутреннія стѣнки сферы и кружиться по нимъ параллельно краямъ пола. Наблюдателямъ же на краю платформы будетъ казаться, что онъ *катится по потолку*! Привычныя представленія о законахъ тяжести словно отмѣняются въ этомъ поистинѣ заколдованномъ шарѣ, и мы переносимся въ сказочный міръ чудесъ...

Чортова петля.

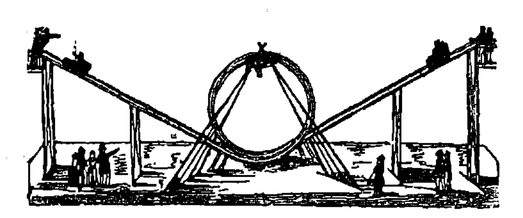
Такъ называется головокружительный велосипедный трюкъ, нерѣдко исполняемый въ циркахъ: велосипедъ ѣдетъ по спирали снизу вверхъ и описываетъ полный кругъ, несмотря на то,

НЕОБЫЧАЙНАЯ НОВОСТЬ!

ЦЕНТРОБѢЖНАЯ ЖЕЛѢЗНАЯ ДОРОГА

въ 200 футовъ длины.

Петля имѣетъ въ окружности 40 футовъ.



Вагонъ вѣсомъ въ 200 фунтовъ, съ сидящей въ немъ дамой или мужчиной, спускается по наклонной плоскости, обѣгаетъ вокругъ вертикальной петли, высотой въ 40 футовъ, при чемъ голова пассажира обращается внизъ, а ноги вверхъ. Послѣ этого вагончикъ спускается съ колеса, поднимается на вторую наклонную плоскость и благополучно доставляетъ пассажира на мѣсто, пронеся его со скоростью 100 миль въ часъ.

Рис. 38. Самое старое объявленіе о «чортовой петлѣ». Англійская афиша 40-хъ годовъ прошлаго вѣка.

«Чортова» петля изображена на рисункѣ **неправильно**—съ такой петли телѣжка неминуемо должна сорваться. Почему?

что по верхней части круга ему приходится катиться внизъ головой. На аренѣ устраиваютъ деревянную дорожку въ видѣ петли съ однимъ или нѣсколькими завитками, какъ изображено на нашихъ рисункахъ. Артистъ съѣзжаетъ на велосипедѣ по наклонной части петли, затѣмъ быстро взлетаетъ на своемъ

стальномъ конѣ вверхъ, по круговой ея части, совершаетъ полный оборотъ, буквально вися внизъ головой, и благополучно съѣзжаетъ на землю. Теперь этотъ цирковой трюкъ довольно обыченъ, но лѣтъ 60—70 тому назадъ онъ былъ еще новинкой. Мы приводимъ здѣсь старинную афишу одного лондонскаго цирка, относящуюся къ 40-мъ годамъ прошлаго вѣка—едва ли не первое объявленіе о чортовой петлѣ (рис. 38).

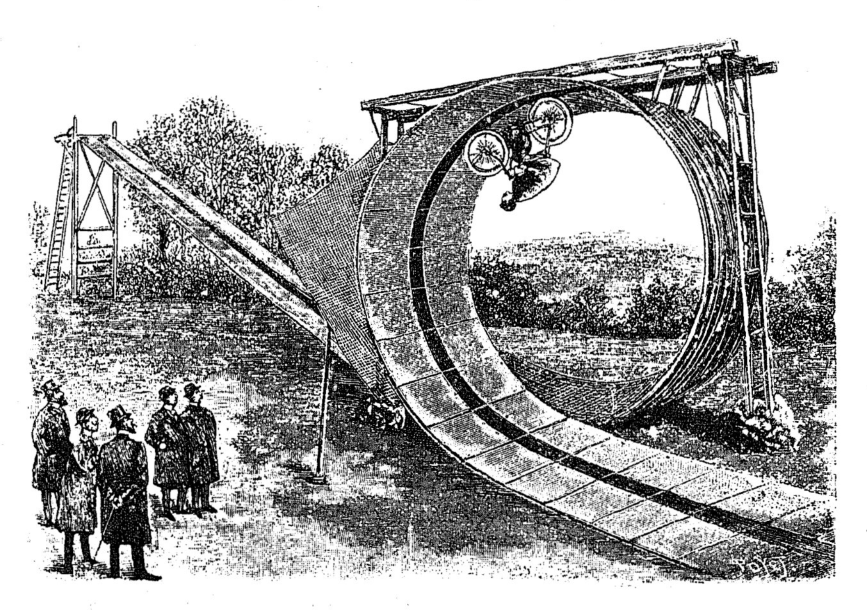


Рис. 39. Простая «чортова петля».

Этотъ головоломный велосипедный фокусъ кажется зрителямъ верхомъ акробатическаго искусства. Озадаченная публика въ недоумѣніи спрашиваетъ себя: какая таинственная сила удерживаетъ смѣльчака внизъ головой? Недовѣрчиво настроенные готовы подозрѣвать здѣсь ловкій обманъ—какіе-нибудь искусно скрытыя веревки, поддерживающія велосипедиста, или что-нибудь въ этомъ родѣ.

Между тѣмъ, въ этомъ фокусѣ нѣтъ ничего сверхъестественнаго. Все объясняется законами механики.

Никакого особеннаго умѣнья или знанія какого-либо секрета отъ артиста не требуется: бильярдный шаръ, пущенный по этой дорожкѣ, съ не меньшимъ успѣхомъ выполнилъ бы тотъ же фо-

кусъ. На старинномъ рисункѣ англійской афиши вы видите не велосипедъ, а простую телѣжку, скользящую по рельсамъ.

Нашъ читатель, конечно, догадывается, какая сила уничтожаетъ здѣсь вѣсъ велосипедиста и его стального коня и прижимаетъ его внизъ головой къ дорожкѣ «чортовой петли». Это все та же центробѣжная сила, которая уже объяснила намъ нѣсколько загадочныхъ явленій. Однако, фокусъ удается не всегда: необходимо въ точности расчитать высоту, съ которой велосипедистъ долженъ начать свое движеніе—иначе центробѣжная сила можетъ оказаться не достаточной для уничтоженія его вѣса, и тогда фокусъ можетъ кончиться очень печально.

Математика въ циркѣ.

Я знаю, что длинные ряды «бездушныхъ» формулъ отпугиваютъ весьма многихъ любителей физики. Но, право же, отказываясь отъ знакомства съ математической стороной явленій, такіе недруги математики лишаютъ себя огромнаго удовольствія заранѣе предвидѣть ходъ явленія и опредѣлять всѣ его условія. Въ данномъ, напримѣръ, случаѣ двѣ-три «бездушныя» формулы помогутъ намъ въ точности опредѣлить, при какихъ условіяхъ возможно успѣшное выполненіе столь удивительнаго фокуса, какъ чортова петля.

Приступимъ же къ расчетамъ.

Обозначимъ буквами разныя величины, съ которыми намъ придется вести расчеты:

Буквой h обозначимъ высоту, съ которой скатывается велосипедистъ.

Буквой r обозначимъ радіусъ «петли».

Буквой m—общую массу артиста вмѣстѣ съ велосипедомъ; вѣсъ ихъ выразится тогда черезъ mg.

Буквой g—ускореніе силы тяжести на земной поверхности; оно равно 9,8 метра.

Буквой v_1 обозначимъ скорость велосипеда въ тотъ моментъ, когда онъ достигаетъ конца наклонной дорожки и начинаетъ описывать кругъ.

Буквой v_2—скорость велосипеда въ самой верхней точкѣ круга.

Всѣ эти величины мы можемъ связать двумя равенствами. Во-первыхъ, мы знаемъ, что скорость v_1 тѣла въ нижней точки наклоннаго пути равна

$$v_1 = \sqrt{2gh}, \quad \text{откуда: } v_1^2 = 2gh \ldots (1)$$

Во-вторыхъ, воспользуемся такъ наз. «уравненіемъ живыхъ силъ»: работа силы, дѣйствующей на тѣло на нѣкоторомъ пути, равна измѣненію живой силы тѣла во время прохожденія этого

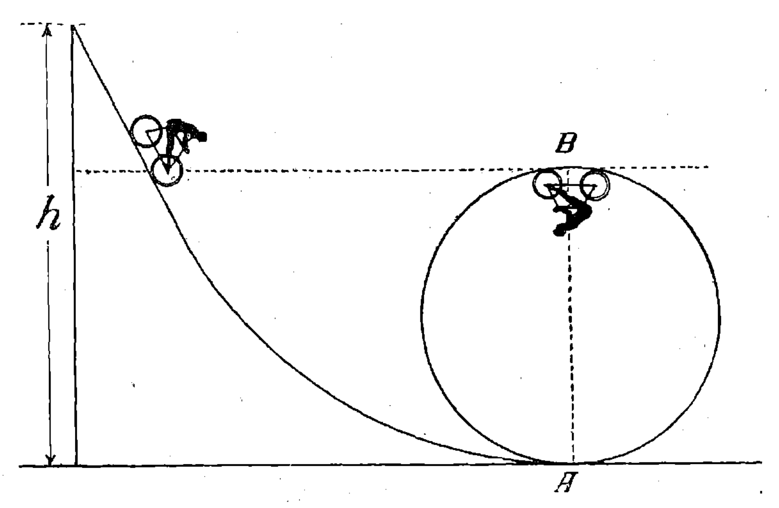


Рис. 40. Расчетъ «чортовой петли».

пути. Измѣненіе живой силы на пути отъ точки A до точки B «чортовой петли» (рис. 40) равна разности

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2}$$

Работа же, произведенная на этомъ пути, равна работѣ силы тяжести при поднятіи груза mg (вѣсъ артиста вмѣстѣ съ велосипедомъ) на высоту 2r (поперечникъ петли); эта работа выражается произведеніемъ $mg \times 2r = 2mgr$. Итакъ, мы можемъ написать равенство

$$\frac{mv_1^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = 2\ mgr \ldots \quad (2)$$

Для того, чтобы велосипедистъ, достигнувъ высшей точки кругового пути, не упалъ внизъ, нужно, чтобы развивающаяся

при этомъ центробѣжная сила была больше, нежели вѣсъ артиста вмѣстѣ съ велосипедомъ, т. е. надо, чтобы

$$\frac{mv_2^2}{r} > mg, \text{ или } \frac{v_2^2}{r} > g \ldots (3)$$

Подставивъ во второе (2) уравненіе, вмѣсто v_1^2, равную величину $2gh$, (см. уравненіе 1-е) имѣемъ

$$mgh - \frac{mv_2^2}{2} = 2mgr,$$

$$\text{откуда } v_2^2 = 2gh - 4gr$$

Подставивъ это значеніе v_2^2 въ неравенство (3), имѣемъ:

$$\frac{2gh - 4gr}{r} > g,$$

$$\text{откуда: } r < \frac{2}{5} h. \text{ Слѣдовательно: } 2r < \frac{4}{5} h.$$

Въ результатѣ вычисленій мы узнали, что для успѣшнаго выполненія этого головоломнаго фокуса необходимо устроить «чортову петлю» такъ, чтобы поперечникъ круговой части (т. е. петли) былъ не больше $^4/_5$ высоты наклонной части пути. Крутизна наклона, какъ видите, роли не играетъ, — нужно только,

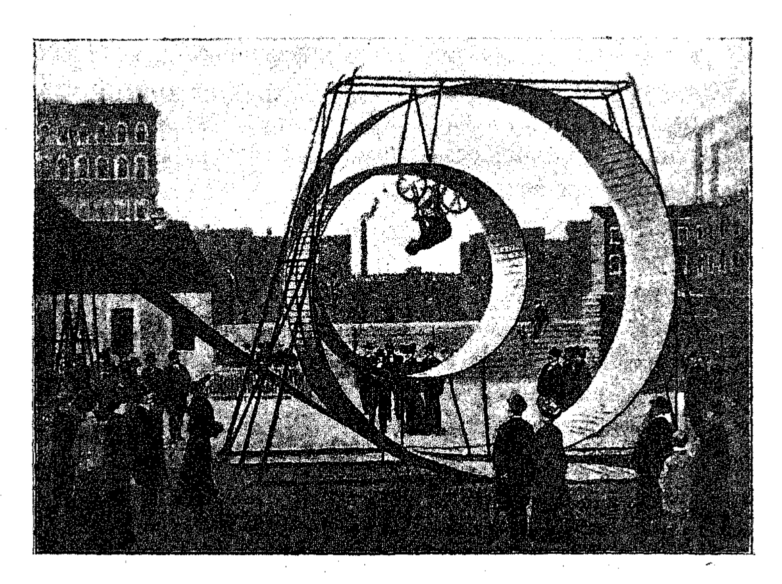


Рис. 41. Двойная «чортова петля».

чтобы пунктъ, съ котораго велосипедистъ начинаетъ спускаться, возвышался надъ вершиной петли болѣе, чѣмъ на $^1/_4$ ея поперечника. (При двойной «чортовой петлѣ», изображенной на рис. 41, вершина второй петли должна быть ниже первой). Если, напримѣръ, петля имѣетъ въ поперечникѣ 8 саж., то артистъ долженъ начать спускъ не менѣе, чѣмъ съ 10-саженной высоты. Не выполни онъ этого условія—и никакое искусство не поможетъ ему описать «чортову петлю»: достигнувъ ея верхней части, онъ неминуемо сорвется внизъ, такъ какъ центробѣжная сила не будетъ достаточна, чтобы противодѣйствовать силѣ тяжести.

Поэтому, между прочимъ, ошибочно изображеніе «чортовой петли» на приведенной ранѣе старинной афишѣ (рис. 38): вершина петли черезчуръ приподнята. На такой петлѣ катастрофа неминуема.

Надо замѣтить, что при исполненіи этого трюка велосипедистъ ѣдетъ безъ цѣпи, предоставляя свою машину дѣйствію тяжести: ни ускорить, ни замедлить своего движенія онъ не можетъ. Все искусство артиста заключается въ томъ, чтобы держаться середины деревянной дорожки; при малѣйшемъ уклоненіи онъ рискуетъ съѣхать съ дорожки и быть съ силою отброшеннымъ въ сторону. Скорость движенія велосипедиста по кругу весьма велика: при кругѣ съ поперечникомъ въ 8 саженъ онъ совершаетъ оборотъ въ 3 секунды. Это соотвѣтствуетъ скорости 120 верстъ въ часъ! Управлять велосипедомъ при такой быстротѣ, конечно, немыслимо; но этого и не надо: можно смѣло положиться на законы механики.

Куда дѣвалось 5.000 пудовъ?

Какой-то затѣйникъ объявилъ однажды, что знаетъ способъ вполнѣ законно и честно обвѣшивать покупателей. Секретъ состоитъ въ томъ, чтобы покупать товары въ экваторіальныхъ странахъ, а продавать ихъ поближе къ полюсамъ. Давно извѣстно, что, вслѣдствіе центробѣжной силы и сплюснутости земного шара, тѣла близъ экватора притягиваются Землей слабѣе, нежели близъ полюсовъ; одинъ фунтъ, будучи перенесенъ съ экватора на полюсъ, прибавится въ вѣсѣ почти

на ползолотника. При этомъ надо пользоваться, конечно, не обыкновенными вѣсами, а пружинными—иначе никакой выгоды не получится: товаръ станетъ тяжелѣе, но настолько же тяжелѣе сдѣлаются и гири. Если купить пудъ золота гдѣ-нибудь въ Перу, а сбыть его, скажемъ, въ Исландіи, то можно, пожалуй, на этой операціи заработать нѣсколько рублей, — при условіи конечно, что предпріимчивый торговецъ будетъ пользоваться безплатнымъ провозомъ.

Не думаю, чтобы эта торговля была очень выгодна, но по существу шутникъ правъ, такъ какъ тяжесть дѣйствительно уменьшается съ удаленіемъ отъ экватора. Происходитъ это по двумъ причинамъ. Во-первыхъ, оттого, что на экваторѣ тѣла описываютъ при вращеніи Земли самые большіе круги, и слѣдовательно, центробѣжная сила (направленная обратно тяжести) здѣсь наибольшая. Во-вторыхъ, земной шаръ какъ бы вздутъ у экватора, и тѣла здѣсь больше удалены отъ центра, нежели въ другихъ мѣстахъ; а чѣмъ дальше тѣло отъ центра притяженія, тѣмъ слабѣе оно притягивается.

Разница въ вѣсѣ при переносѣ тѣла съ одной широты на другую ничтожна для мелкихъ тѣлъ. Но для грузныхъ, массивныхъ предметовъ она можетъ достигнуть величины довольно солидной. Вы и не подозрѣвали, напримѣръ, что паровозъ, вѣсящій въ Москвѣ 10.000 пудовъ, становится по прибытіи въ Архангельскъ на 10 пудовъ тяжелѣе, а въ Одессѣ—настолько же легче. Партія угля въ 300.000 пудовъ, доставленная съ Шпицбергена въ какой-нибудь экваторіальный портъ, уменьшилась бы на 1.200 пудовъ, если бы пріемщику пришла фантазія принять грузъ, пользуясь пружинными вѣсами. Дредноутъ, вѣсившій въ Архангельскѣ 20.000 тоннъ, по прибытіи въ экваторіальныя воды становится легче на 80 тоннъ, т. е. почти на 5.000 пудовъ—но это остается неощутительнымъ, такъ какъ соотвѣтственно становятся легче и всѣ другія тѣла, не исключая, конечно, и воды въ океанѣ.

Кто же похитилъ 1.200 пудовъ угольнаго транспорта и 5.000 пудовъ вѣса дредноута? Главнымъ образомъ похитила ихъ центробѣжная сила; она уменьшаетъ вѣсъ всякаго тѣла близъ экватора на $\frac{1}{290}$ долю по сравненію съ вѣсомъ того же тѣла у полюсовъ.

Міръ наизнанку.

Если бы земной шаръ вращался вокругъ своей оси быстрѣе, чѣмъ теперь,—напр., если бы сутки равнялись не 24 часамъ, а, скажемъ, 4 часамъ, то разница въ вѣсѣ тѣлъ на экваторѣ и полюсахъ была бы рѣзко замѣтна. При четырехчасовыхъ суткахъ, напримѣръ, пудовая гиря вѣсила бы на полюсѣ всего 35 фунтовъ. Именно таковы, приблизительно, условія тяжести на Сатурнѣ: близъ полюсовъ этой планеты всѣ тѣла на $\frac{1}{6}$ тяжелѣе, чѣмъ на экваторѣ.

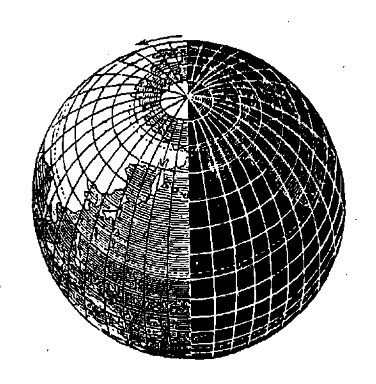
Самое любопытное у насъ еще впереди. Мы знаемъ, что центробѣжная сила возрастаетъ пропорціонально квадрату скорости; поэтому не трудно вычислить, при какой быстротѣ вращенія центробѣжная сила на земномъ экваторѣ должна стать въ 290 разъ болѣе, т. е. сравняться съ силой притяженія. Это наступитъ при скорости въ 17 разъ большей, нежели нынѣшняя (ибо 17×17 почти $=290$). Другими словами, если бы Земля вращалась въ 17 разъ скорѣе, то предметы на экваторѣ *совсѣмъ не имѣли бы вѣса!* (Для Сатурна это наступило бы при скорости вращенія всего въ $2^1/_2$ раза большей, чѣмъ нынѣшняя).

А что же было бы, если бы Земля вращалась еще быстрѣе—напримѣръ, въ 20 разъ скорѣе, нежели теперь? Вѣроятнѣе всего, что она подъ дѣйствіемъ чудовищной центробѣжной силы, разлетѣлась бы вдребезги, какъ слишкомъ быстро заверченный жерновъ. Но допустимъ, что Земля достаточно тверда,—настолько, что даже не расплющится при этомъ въ плоскій дискъ, а сохранитъ свою нынѣшнюю форму. Тогда въ экваторіальномъ поясѣ тѣла падали бы, подъ дѣйствіемъ громадной центробѣжной силы, не внизъ, а *вверхъ*!

Надо имѣть воображеніе Жюля Верна или Уэльса, чтобы ясно представить себѣ необычайныя отношенія, возникающія при подобныхъ условіяхъ. Міръ словно вывернулся бы наизнанку. Люди должны были бы въ полномъ смыслѣ слова ходить на головѣ или, вѣрнѣе, на рукахъ, хватаясь за прикрѣпленные къ почвѣ предметы. Всѣ вещи надо было бы привязывать къ столбамъ или глубоко зарывать въ землю, чтобы уберечь ихъ отъ *паденія вверхъ*, въ міровое пространство. Зданія надо было бы строить «вверхъ дномъ»: полъ былъ бы на мѣстѣ потолка, и наоборотъ; столы, стулья, кровати покоились бы ногами вверхъ,

упираясь ими въ потолокъ, который въ этомъ мірѣ игралъ бы роль пола... Жидкости приходилось бы держать въ сосудахъ, перевернутыхъ дномъ вверхъ. При малѣйшей неосторожности люди рисковали бы упасть въ пустоту, въ бездонное небо, откуда нѣтъ возврата... А въ нѣсколькихъ сотняхъ или тысячахъ верстъ къ сѣверу или къ югу все оставалось бы нормально: тяжесть—правда, значительно ослабленная,—заставляла бы тѣла падать къ Землѣ, а не отъ Земли. Будь на Землѣ такая экваторіальная полоса съ «отрицательной тяжестью», ее несравненно труднѣе было бы изслѣдовать, нежели наши полярныя области. Люди не могли бы даже жить въ такой странѣ потому, что тамъ не было бы воздуха: не сдерживаемый притяженіемъ, онъ улетучился бы въ міровое пространство.

Весьма возможно, что среди нѣсколькихъ сотъ такъ называемыхъ «малыхъ планетъ», или астероидовъ, обращающихся между Марсомъ и Юпитеромъ, имѣются міры именно съ такой «отрицательной тяжестью» въ экваторіальной полосѣ или даже на всей планетѣ.



ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Всемірное тяготѣніе. — Вѣсъ и масса.

Велика ли сила притяженія?

Никто не споритъ противъ того, что всѣ земные предметы притягиваются Землей. Но когда намъ говорятъ, что эти предметы притягиваютъ также и другъ друга, мы не особенно склонны этому вѣрить: въ обыденной жизни вѣдь ничего подобнаго не замѣчается. Почему же, въ самомъ дѣлѣ, законъ всемірнаго притяженія не проявляется постоянно вокругъ насъ въ обычной обстановкѣ? Потому, что для небольшихъ предметовъ сила притяженія чрезвычайна. мала. Два человѣка, отстоящіе на разстояніи одной сажени другъ отъ друга, несомнѣнно притягиваютъ одинъ другого, — но сила эта ничтожна: для людей средняго вѣса она равна $\frac{1}{100}$ милиграмма. Это значитъ, что два человѣка притягиваютъ другъ друга съ такою же силой, съ какой гирька въ $\frac{1}{100}$ милиграмма давитъ на чашку вѣсовъ; только въ высшей степени чувствительные вѣсы способны обнаружить столь ничтожную прибавку вѣса! Такая сила, понятно, не можетъ сдвинуть насъ съ мѣста—этому мѣшаетъ треніе нашихъ подошвъ о полъ. Чтобы сдвинуть насъ, напр., на деревянномъ полу (коэффиціентъ тренія подошвъ о полъ $= 3\%$) нужна сила не меньше, чѣмъ $\frac{3}{100}$ вѣса нашего тѣла, т. е. около двухъ килограммовъ (5 фунт.). Теперь сравнимъ эту силу съ ничтожной силой притяженія $\frac{1}{100}$ млгр. Милиграммъ — тысячная

грамма; граммъ—тысячная часть килограмма; значитъ, $\frac{1}{100}$ милиграмма составляетъ одну двухсотмилліонную долю той силы, которая нужна, чтобы сдвинуть насъ съ мѣста! Удивительно ли, что при обычныхъ условіяхъ мы не замѣчаемъ даже намека на взаимное притяженіе земныхъ тѣлъ?..

Другое дѣло, если бы не существовало тренія: тогда ничто не мѣшало бы даже и весьма слабому притяженію вызвать взаимное сближеніе тѣлъ. Но, при силѣ въ $\frac{1}{100}$ милиграмма, *скорость* этого движенія для грузныхъ тѣлъ должна быть ничтожна. Вычислено, что, при отсутствіи тренія, два человѣка, отстоящіе на разстояніи полусажени, въ теченіе перваго часа придвинулись бы другъ къ другу всего на $^1/_3$ вершка; въ слѣдующій часъ каждый изъ нихъ прошелъ бы по 1 вершку; въ третій часъ — по 2 вершка; движеніе все ускорялось бы, но не ранѣе чѣмъ черезъ пять часовъ оба человѣка сблизились бы вплотную.

Такъ ничтожна сила тяготѣнія между небольшими массами. Для большихъ она возрастаетъ пропорціонально произведенію массъ. Но тутъ многіе склонны преувеличивать эту силу. Одинъ ученый—правда, не физикъ, а зоологъ—увѣрялъ меня, что странное явленіе взаимнаго притяженія, наблюдаемое нерѣдко между морскими судами, зависитъ отъ силы всемірнаго тяготѣнія! Нетрудно простымъ вычисленіемъ показать, что тяготѣніе здѣсь ни при чемъ и что два самыхъ тяжелыхъ корабля на разстояніи 50 саженъ притягиваютъ другъ друга съ силой всего въ $^3/_4$ фунта; разумѣется, такая сила не достаточна, чтобы сообщить кораблямъ хотя бы самое ничтожное перемѣщеніе.

Истинную причину притяженія кораблей мы объяснимъ позже, въ главѣ о свойствахъ жидкостей. А пока будемъ продолжать заниматься всемірнымъ тяготѣніемъ. Ничтожная для небольшихъ массъ, сила тяготѣнія становится очень ощутительной, когда рѣчь идетъ о колоссальныхъ массахъ небесныхъ тѣлъ. Несмотря на невообразимо огромное разстояніе, отдѣляющее насъ отъ Солнца, Земля удерживается на своей орбитѣ единственно лишь силой тяготѣнія,—иначе наша планета двигалась бы по прямой линіи. Если бы сила притяженія вдругъ почему-либо исчезла, Земля полетѣла бы по линіи, касательной къ своей орбитѣ, и навѣки умчалась бы въ бездонную глубь міроваго пространства.

Стальной канатъ отъ Земли до Солнца.

Вообразите, что могущественное притяженіе Солнца вдругъ почему-либо исчезло, и Землѣ предстоитъ печальныя участь навсегда удалиться въ холодныя и мрачныя пустыни мірозданія. Само собою разумѣется, что человѣчество не пожелало бы примириться съ мыслью о ледяной могилѣ, и инженеры стали бы изыскивать способы предотвратить катастрофу. Вы мо-

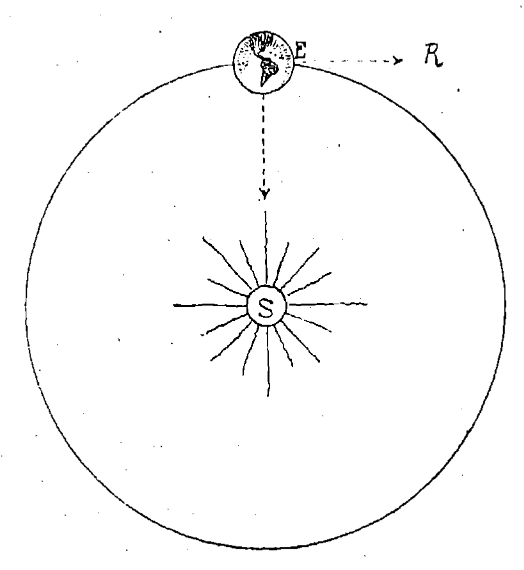


Рис. 43. Притяженіе Солнца искривляетъ путь движенія Земли: центробѣжная сила стремится умчать Землю по направленію ER.

жете представить себѣ—фантазировать вѣдь позволительно о чемъ угодно—что инженеры рѣшили замѣнить невидимыя цѣпи притяженія матеріальными связями, т. е. попросту соединить Землю съ Солнцемъ крѣпкими стальными канатами. Что можетъ быть крѣпче стали, способной выдержать натяженіе въ 2000 пудовъ на каждый квадратный дюймъ? Стальной брусъ съ поперечникомъ въ 11 дюймовъ имѣетъ въ сѣченіи 120 кв. дюймовъ; онъ, значитъ, можетъ выдержать натяженіе въ 240.000 пудовъ. Какъ вы полагаете, сколько стальныхъ балокъ такой толщины понадобилось бы протянуть между Землей и Солнцемъ, чтобы замѣнить взаимное притяженіе этихъ свѣтилъ?

Вы думаете, дѣло обошлось бы какой-нибудь тысячью или сотней тысячъ стальныхъ балокъ? Ошибаетесь: на нашей планетѣ едва хватило бы мѣста, чтобы помѣстить основанія всѣхъ брусьевъ, потому что ихъ потребовалось бы по одной на каждый квадратный футъ обращенной къ Солнцу земной поверхности! Всѣ материки и океаны были бы покрыты лѣсомъ этихъ стальныхъ столбовъ, и при томъ такъ густо, что нельзя было бы проходить между ними: одинъ отъ другого отдѣлялся бы всего двумя дюймами!

Вотъ какъ невообразимо могущественна та невидимая сила, которая притягиваетъ нашу планету къ Солнцу.

Вся эта колоссальная сила проявляется лишь въ томъ, что искривляетъ путь движенія Земли: каждую секунду Земля уклоняется отъ касательной къ ея орбитѣ на $^1/_8$ дюйма, благодаря чему путь нашей планеты превращается въ круговой (вѣрнѣе— эллиптическій). Вы изумлены: чтобы придвинуть Землю въ одну секунду на $^1/_8$ дюйма—толщину этой строки—нужна такая исполинская сила?.. Это только показываетъ, какъ огромна масса земного шара, если даже такая чудовищная сила можетъ сообщить ей лишь самое незначительное перемѣщеніе.

Можно ли укрыться отъ силы тяготѣнія?

Сейчасъ мы фантазировали о томъ, что было бы, если бы взаимное притяженіе между Солнцемъ и Землей исчезло: освободившись отъ невидимыхъ цѣпей притяженія, Земля умчалась бы въ безконечный просторъ вселенной. А что стало бы со всѣми земными предметами, если бы не было тяжести? Ничто уже не привязывало бы ихъ къ нашей планетѣ, и при малѣйшемъ толчкѣ они уносились бы прочь—въ межпланетное пространство.

Англійскій писатель Уэльсъ воспользовался подобнаго рода идеей, чтобы описать въ романѣ фантастическое путешествіе на Луну. Въ этомъ произведеніи («Первые люди на Лунѣ») остроумный романистъ указываетъ на очень оригинальный способъ путешествовать съ планеты на планету. А именно: ученый герой его романа изобрѣлъ особый сплавъ, который обладаетъ замѣчательнымъ свойствомъ—непроницаемостью для силы тяготѣнія. Если слой такого сплава подвести подъ какое-ни-

будь тѣло, то оно освободится отъ притяженія земли и станетъ невѣсомымъ. Это фантастическое вещество Уэльсъ назвалъ «кеворитомъ»—по имени своего героя, изобрѣтателя Кевора.

«Цѣлью своихъ изслѣдованій Кеворъ поставилъ изготовленіе особаго вещества, которое было бы совершенно непроницаемо для всѣхъ видовъ излучаемой энергіи. Человѣкъ можетъ изготовить пластинки, черезъ которыя не проникаетъ свѣтъ, тепло, электричество и т. п.,—но онъ не въ силахъ устранить отъ какого-либо тѣла вліяніе тяготѣнія, т. е. тяжести. Однако, нѣтъ никакого разумнаго повода утверждать, что это вообще невозможно. И всякій пойметъ, какой переворотъ должно произвести подобное чудодѣйственное вещество. Если, напримѣръ, надо поднять какую-нибудь тяжесть, то какъ бы чудовищна она ни была, достаточно помѣстить подъ ней пластинку этого вещества,—и ее свободно можно поднять соломинкой».

Теперь читатель безъ труда пойметъ, какимъ образомъ при помощи такого вещества романистъ отправляетъ своихъ героевъ въ особомъ снарядѣ на Луну. Устройство снаряда описано въ романѣ такъ:

«Представьте себѣ полый шаръ, достаточно большой для того, чтобы внутри его свободно могли помѣститься два человѣка со своимъ багажомъ. Шаръ долженъ быть построенъ изъ толстаго стекла, а снаружи покрытъ стальной оболочкой. Въ особыхъ пріемникахъ должны находиться достаточные запасы сжатаго воздуха, пищи, воды и т. д.,—словомъ, всего необходимаго.

«Внутренній стеклянный шаръ можетъ быть вылитъ изъ одного сплошного куска стекла, съ однимъ только входнымъ отверстіемъ. На зато наружная стальная оболочка должна состоять изъ ряда отдѣльныхъ полосъ, изъ которыхъ каждую можно было бы скатывать, какъ штору.

«При такой системѣ наружная оболочка шара, покрытая слоемъ кеворита, будетъ состоять какъ бы изъ цѣлаго ряда оконъ, которыя мы по своему усмотрѣнію можемъ закрывать шторами. Если мы закроемъ всѣ шторы, то въ шаръ не будетъ проникать ни свѣтъ, ни тепло, вообще никакой видъ излучаемой энергіи—и шаръ полетитъ въ пространство. Но представьте себѣ, что вы открыли хотя бы одно окно. Тогда всякое крупное тѣло, находящееся въ направленіи этого окна, непремѣнно должно притянуть насъ къ себѣ.

«Мы будемъ имѣть полную возможность передвигаться по міровому пространству, куда намъ будетъ угодно. Для этого нужно только подвергать себя вліянію силы тяготѣнія того или иного мірового тѣла».

Какъ полетѣли на Луну герои Уэльса.

Интересно описанъ у романиста самый моментъ отправленія межпланетнаго вагона въ путь. Тонкiй слой «кеворита», покрывающій наружную поверхность снаряда, дѣлаетъ его какъ бы совершенно невѣсомымъ. Вы понимаете, что невѣсовое тѣло не можетъ спокойно лежать на днѣ воздушнаго океана: съ нимъ должно произойти то же, что происходитъ съ пробкой, погруженной на дно озера: пробка быстро всплываетъ на поверхность воды. Точно такъ же невѣсомый снарядъ—отбрасываемый, къ тому же, и центробѣжной силой вращающагося земного шара,—долженъ стремительно подняться ввысь и, дойдя до крайнихъ границъ атмосферы, по инерціи продолжать свой путь въ міровомъ пространствѣ. Герои романа такъ и полетѣли. И очутившись далеко за предѣлами атмосферы, они, открывая однѣ заслонки, закрывая другія, подвергая свой снарядъ притяженію то Солнца, то Земли, то Луны,—добрались до поверхности нашего спутника. Впослѣдствіи одинъ изъ путешественниковъ на томъ же снарядѣ благополучно возвратился на Землю.

На первый взглядъ этотъ проектъ представляется весьма заманчивымъ и правдоподобнымъ. Почему бы, въ самомъ дѣлѣ, нельзя было изобрѣсти вещество, непроницаемое для тяготѣнія? И почему не управлять снарядомъ такъ, какъ описалъ въ своемъ романѣ Уэльсъ?

Разсмотримъ же внимательно эту мысль; она кроетъ въ себѣ много любопытныхъ и поучительныхъ неожиданностей.

Какая сила движетъ и управляетъ снарядомъ Уэльса? Сила притяженія небесныхъ свѣтилъ, — отвѣчаетъ авторъ. Но сила эта на большихъ разстояніяхъ въ первые часы способна сообщить легкому тѣлу лишь весьма умѣренную скорость. Можно было бы доказать несложнымъ вычисленіемъ, что подъ дѣйствіемъ притяженія Луны предметъ съ разстоянія земного шара будетъ падать на Луну въ теченіе 43 дней! Если же примемъ

во вниманіе, что шаръ Уэльса летѣлъ на Луну не прямо, а двигался зигзагами, подвергаясь притяженію то Солнца, то Земли и т. д., то ясно будетъ, что продолжительность полета должна еще болѣе увеличиться. Луна своимъ притяженіемъ можетъ заставить предметъ, находящійся отъ нея на разстояніи Земли, двигаться въ первую секунду со скоростью всего въ полтысячную долю дюйма. То же тѣло подъ дѣйствіемъ Солнца перемѣстилось бы въ первую секунду на $^1/_8$ дюйма. Дѣйствіе же притяженія далекихъ планетъ и звѣздъ на нашъ фантастическій снарядъ — неизмѣримо меньше. Правда, полученная снарядомъ скорость съ каждой слѣдующей секундой увеличивается, — но все же пришлось бы ждать цѣлые часы и даже сутки, чтобы пріобрѣсти скорость, хоть сколько-нибудь сравнимую съ тѣми гигантскими разстояніями, которыя придется преодолѣвать небесному дирижаблю Уэльса.

Вы видите, что изобрѣтеніе чудодѣйственнаго «кеворита» дало бы намъ возможность путешествовать по міровому пространству черезчуръ медленно. Не менѣе двухъ мѣсяцевъ понадобилось бы, напримѣръ, для путешествія на Луну; а чтобы достичь Марса пришлось бы странствовать чуть не годъ *).

Впрочемъ, это едва ли могло бы остановить смѣлыхъ путешественниковъ: великіе мореплаватели предпринимали вѣдь путешествія, которыя длились цѣлые годы. Къ тому же, провіанта можно брать съ собою сколько угодно, такъ какъ шаръ, защищенный непроницаемой для тяготѣнія оболочкой «кеворита», нисколько не становился бы отъ этого тяжелѣе. Напротивъ, вы сейчасъ убѣдитесь, что шаръ становился бы при этомъ даже *легче!*

Невѣсомый грузъ.

Если подробнѣе разсмотримъ дѣйствіе фантастическаго вещества, непроницаемаго для тяготѣнія, мы придемъ къ удивительному парадоксу, который въ очень наглядной формѣ

*) Болѣе обстоятельный научный разборъ высказанной Уэльсомъ идеи обнаруживаетъ заключающуюся въ ней основную ошибку и выясняетъ ея теоретическую несостоятельность. Интересующихся позволяю себѣ отослать къ моей книгѣ «Межпланетныя путешествія».

подчеркиваетъ глубокое различіе между понятіями: «масса» и «вѣсъ».

Допустимъ, что дѣйствительно изобрѣтено вещество, непроницаемое для силы притяженія. Вполнѣ понятно, что всѣ тѣла, защищенныя слоемъ этого вещества, должны быть невѣсомы,—но еще вопросъ, будетъ ли невѣсомо само это вещество. Развѣ матерія, непрозрачная для тепловыхъ лучей, сама не нагрѣвается? Вѣдь она оттого и не прозрачна для лучей, что принимаетъ на себя все ихъ тепловое дѣйствіе. Возьмемъ другой примѣръ. Мы знаемъ ширму, заслоняющую отъ магнитныхъ силъ,—мягкое желѣзо; компасъ, защищенный кольцомъ изъ мягкаго желѣза, не испытываетъ притяженія со стороны окружающихъ желѣзныхъ предметовъ. Если сдѣлать полый шаръ изъ желѣза, то предметы внутри него будутъ недоступны дѣйствію внѣшнихъ магнитныхъ силъ; вы можете поднести этотъ шаръ къ сильнѣйшему магниту—и притяженіе внутрь шара не передастся. Но самъ шаръ будетъ притягиваться магнитомъ и, конечно, увлечетъ съ собой все свое содержимое.

Надо думать поэтому, что и «кеворитная» оболочка шара не будетъ невѣсома; невѣсомы будутъ лишь предметы, въ ней находящіеся. И передъ нами возникаетъ любопытная физическая задача: какъ должна дѣйствовать сила тяжести на тѣло, внутреннія части котораго невѣсомы, а оболочка вѣсома? Дать отвѣтъ не трудно: скорость паденія такого тѣла во столько же разъ менѣе обычной, во сколько разъ масса всего тѣла больше массы вѣсомой его части. Вѣдь притягивается только вѣсомая часть (оболочка шара), сила же притяженія должна увлекать весь шаръ, съ его невѣсомымъ содержимымъ: поэтому скорость паденія должна соотвѣтственно уменьшиться *).

Но если шаръ будетъ падать медленнѣе обычнаго, то при взвѣшиваніи онъ покажетъ и меньшій вѣсъ. И вотъ что поразительнѣе всего: чѣмъ больше груза и пассажировъ будетъ въ такомъ снарядѣ (т. е. чѣмъ больше въ немъ *невѣсомой* массы), тѣмъ медленнѣе онъ будетъ падать и, слѣдовательно, тѣмъ меньшій вѣсъ покажетъ онъ на вѣсахъ.

Значитъ, нашъ межпланетный *снарядъ будетъ тѣмъ легче, чѣмъ въ немъ больше груза!*

---

*) При этомъ предполагается, что фантастическій «кеворитъ» притягивается, какъ и всѣ вѣсомыя тѣла, пропорціонально массѣ.

Однако, эта легкость — совсѣмъ особаго рода, не похожая на ту, къ которой мы привыкли. «Кеворитный» шаръ, въ который положено 100 пудовъ груза, можетъ показать на вѣсахъ всего 1 фунтъ. Но не воображайте, что вы сможете кидать этотъ шаръ, словно большой футбольный мячъ. Если попробуете его толкнуть во время его невообразимо медленнаго паденія (въ 4000 разъ медленнѣе обычнаго), вы почувствуете, что передъ вами все-таки стопудовая масса. Шаръ опускается съ могучей медленностью массивнаго парового молота. Почему? Потому что «кеворитъ» можетъ уменьшить только *вѣсъ* тѣла, но не можетъ уменьшить его *массы*. Дѣйствіе же толчка и вообще силы на тѣло зависитъ не отъ его вѣса, а именно отъ массы.

Съ такого же рода парадоксомъ мы столкнулись бы и въ томъ случаѣ, еслибы перенеслись на какую-нибудь планету, гдѣ напряженіе тяжести меньше, чѣмъ на Землѣ.

Полчаса на Лунѣ.

Если хотите наглядно представить, какъ чувствовали бы вы себя, очутившись въ мірѣ, гдѣ тяжесть слабѣе, чѣмъ на Землѣ,— прочтите слѣдующій отрывокъ изъ романа Уэльса «Первые люди на Лунѣ». Разсказъ ведется отъ лица одного изъ жителей Земли, прибывшихъ на Луну.

«Я принялся отвинчивать крышку снаряда. Черезъ нѣсколько мгновеній круглое тяжелое стекло уже лежало внутри шара. Легкая пушинка снѣга, кружась, влетѣла въ шаръ вмѣстѣ со струей свѣжаго воздуха. Я сѣлъ на край отверстія и жадно оглянулся кругомъ. Не дальше одного метра отъ моего лица бѣлѣлъ дѣвственный лунный снѣгъ, на который еще никогда не ступала нога человѣка.

Кеворъ досталъ одѣяло, накинулъ его себѣ на плечи, высунулся изъ шара, перекинулъ черезъ край отверстія ноги, которыя оказались на разстояніи всего шести футовъ отъ почвы луны. Краткое колебаніе, затѣмъ короткій прыжокъ—и онъ уже стоялъ снаружи, около шара.

Я видѣлъ, какъ онъ слегка присѣлъ и прыгнулъ. Меня чрезвычайно поразилъ его прыжокъ. Дѣло въ томъ, что на мой взглядъ онъ сразу отлетѣлъ отъ шара сажени на три или на четыре. Онъ стоялъ теперь на высокой скалѣ и оживленно жестикулировалъ. Возможно, что онъ и кричалъ что-нибудь, но звукъ его голоса не долеталъ до меня.

Однако, чортъ возьми, какъ онъ сумѣлъ сдѣлать такой прыжокъ?! До тѣхъ поръ я не замѣчалъ за нимъ гимнастическихъ талантовъ. Мнѣ казалось, что предо мною толь-



Рис. 44. «Первые люди на Лунѣ».—Прыжокъ въ пять саженъ.

ко что продѣлали удивительный фокусъ, который я никакъ не могу себѣ объяснить.

Я былъ очень смущенъ, но всетаки поспѣшилъ тоже вылѣзть изъ шара. Когда я всталъ на ноги, то какъ разъ возлѣ меня оказалась небольшая канавка, наполненная водой отъ растаявшаго снѣга. Я хотѣлъ черезъ нее перепрыгнуть, сдѣлалъ легкое усиліе и... полетѣлъ по воздуху!

Я видѣлъ, что навстрѣчу мнѣ несется скала, на которой стоитъ Кеворъ, а черезъ секунду я сжималъ эту скалу въ своихъ объятіяхъ, чувствуя себя во власти невыразимаго ужаса.

Я положительно не понималъ, что все это значитъ. Кеворъ кричалъ мнѣ какимъ-то писклывымъ голосомъ, что здѣсь надо быть осторожнымъ.

Только теперь я вспомнилъ его предупрежденія. Масса Луны въ восемьдесятъ разъ меньше массы земного шара, а радіусъ Луны въ четыре раза меньше радіуса Земли. Благодаря этому мое тѣло на Лунѣ вѣсило, по крайней мѣрѣ, въ шесть разъ меньше, чѣмъ на Землѣ. Теперь приходилось твердо помнить это обстоятельство.

— Не забывайте, что мы не на Землѣ!—прокричалъ мнѣ Кеворъ.

Я осторожно, какъ тяжело больной ревматикъ, выпрямился и сталъ рядомъ съ Кеворомъ.

Я обратилъ вниманіе на странный ярко-розовый свѣтъ, внезапно появившійся на одной изъ сѣрыхъ скалъ. Свѣтъ этотъ усиливался и постепенно заливалъ всю скалу.

— Взгляните туда!—воскликнулъ я.

Отвѣта не послѣдовало. Я обернулся: Кевора около меня не было...

Одно мгновеніе я стоялъ неподвижно, совершенно ошеломленный этимъ непонятнымъ исчезновеніемъ; затѣмъ я двинулся къ краю площадки, на которой мы стояли, чтобы заглянуть внизъ. Но въ порывѣ удивленія я снова забылъ, что нахожусь на Лунѣ. Но усиліе, которое я сдѣлалъ для перваго шага, подвинуло бы меня на Землѣ впередъ на аршинъ, не болѣе; здѣсь же я сразу пролетѣлъ впередъ аршинъ на шесть... Я почувствовалъ, что падаю. Но въ то время, какъ на Землѣ падающее тѣло въ первую секунду пролетаетъ около шестнадцати футовъ, оно на Лунѣ пролетаетъ не болѣе двухъ-трехъ футовъ. Благодаря этому, мое паденіе или, вѣрнѣе, мой прыжокъ продолжался довольно долго, пока я, наконецъ, не очутился на 30 футовъ ниже площадки, съ которой такъ неосторожно прыгнулъ. Я летѣлъ по воздуху не менѣе шести секундъ *) и оказался по колѣни въ снѣгу, которымъ была наполнена расщелина.

Я оглядѣлся и возможно громче крикнулъ:

— Кеворъ!.. Кеворъ!..

Но Кевора нигдѣ не было видно.

Я бросился къ скалѣ и полѣзъ наверхъ, не переставая отчаянно звать Кевора. Мой голосъ, несмотря на всѣ мои усилія, звучалъ слабо.

Наконецъ, я снова увидѣлъ Кевовора. Онъ стоялъ на выступѣ скалы, на разстояніи 20—25 аршинъ отъ меня, смѣялся и жестикулировалъ.

---

*) Повидимому, разсказчику измѣняетъ память: съ высоты 30 футовъ онъ падалъ на Лунѣ не 6 секундъ, а меньше. Читатели, хотя и не были еще на Лунѣ, могли бы доказать ему, что онъ летѣлъ всего $2^1/_2$ секунды.

Я. П.

Его голосъ не долеталъ до меня, но жестами онъ приглашалъ прыгнуть къ нему. Я медлилъ: разстояніе казалось мнѣ слишкомъ значительнымъ. Но, съ другой стороны, я сообразилъ, что если этотъ прыжокъ удался Кевору, то не можетъ не удаться и мнѣ, болѣе сильному, чѣмъ онъ.

Я сдѣлалъ шагъ назадъ, собралъ всѣ свои силы и прыгнулъ. Мнѣ показалось, что меня подбросила какая-то могучая пружина. Я полетѣлъ по воздуху, какъ птица, и первой моей мыслью было, что я никогда не упаду на твердую почву.

Я сразу понялъ, что мой прыжокъ слишкомъ силенъ, но уже было поздно. Я стрѣлой пронесся надъ головой Кевора и полетѣлъ прямо въ какую-то расщелину, заросшую колючими кустарниками. Я дико вскрикнулъ, вытянулъ впередъ обѣ руки и... упалъ.

Я попалъ въ студенистую массу, которая брызгами разлеталась изъ-подъ моего тѣла. Я видѣлъ, какъ среди колючаго кустарника появилось круглое лицо Кевора. Онъ что-то кричалъ мнѣ. Я хотѣлъ подать ему голосъ, но не могъ. Онъ кое-какъ пробрался ко мнѣ сквозь колючки и помогъ мнѣ подняться на ноги.

— Надо быть осторожнѣе!—заговорилъ онъ, счищая съ меня оранжевую массу.—Въ концѣ концовъ мы на Лунѣ сдѣлаемся калѣками. Вы слишкомъ далеко прыгаете!

Я стоялъ молча, едва переводя дыханіе. Кеворъ продолжалъ читать свои наставленія:

— Мы съ вами слишкомъ легкомысленны, мы забываемъ объ измѣнившихся условіяхъ тяжести и слишкомъ напрягаемъ наши мускулы. Когда вы немного отдохнете и успокоитесь, намъ нужно будетъ поучиться прыгать.

Тщательный осмотръ показалъ, что, кромѣ незначительныхъ ссадинъ, мой невольный полетъ не имѣлъ непріятныхъ послѣдствій. По предложенію Кевора, мы стали искать удобной площадки для слѣдующаго прыжка.

Такая площадка нашлась на разстояніи около пяти саженъ, при чемъ намъ предстояло перепрыгнуть черезъ небольшую грядку темнаго кустарника.

Кеворъ принялъ на себя роль руководителя и сказалъ мнѣ:

— Представьте себѣ, что эта площадка находится вотъ здѣсь.

При этомъ онъ указалъ на камень, лежавшій на разстояніи не больше четырехъ футовъ отъ моихъ ногъ. Этотъ прыжокъ мнѣ удался отлично, и я долженъ сознаться, что почувствовалъ нѣкоторое злорадство, когда Кеворъ плохо разсчиталъ свой прыжокъ и упалъ въ колючій кустарникъ.

— Видите, что значитъ неосторожность!—сказалъ онъ, и съ этого момента изъ учителя превратился въ моего товарища по изученію искусства движенія на Лунѣ.

Мы выбрали еще одну площадку прыгнули на нее безъ труда; потомъ прыгнули обратно, сдѣлали еще нѣсколько прыжковъ взадъ и впередъ, пока наши мускулы не приспособились къ новымъ условіямъ. Я не думалъ, что намъ будетъ такъ легко приспособиться. Черезъ какіе-нибудь тридцать прыжковъ мы уже могли вполнѣ точно, почти какъ на Землѣ, соразмѣрять свои прыжки съ даннымъ разстояніемъ.

	метр.	сант.
На Лунѣ	0	83
На Меркуріи	1	60
На Марсѣ	1	86
На Венерѣ	4	26
На Нептунѣ	4	36
На Уранѣ	4	41
На Землѣ	**4**	**90**
На Сатурнѣ	5	78
На Юпитерѣ	12	98

На Солнцѣ падающее тѣло проходитъ въ первую секунду 135 метровъ.

Рис. 45. Какой путь проходитъ падающее тѣло въ первую секунду паденія на разныхъ планетахъ (въ пустотѣ).

Еще десять минутъ на Лунѣ.

Позволю себѣ сдѣлать маленькое дополненіе къ этимъ сценамъ, чтобы разъяснить читателямъ одно любопытное обстоятельство. Вообразите, что, очутившись на Лунѣ, оба героя заспорили о томъ, дѣйствительно ли они стали здѣсь вшестеро легче, какъ имъ не разъ случалось читать въ книгахъ. Показаніе пружинныхъ вѣсовъ не убѣдило одного изъ нихъ: вѣсы, правда, показывали 30 фунтовъ вмѣсто 180-ти,—но кто же поручится, что они въ полной исправности?

— Если вы сомнѣваетесь въ этомъ,—говорилъ его собесѣдникъ,—то вотъ вамъ неоспоримое доказательство: вы видѣли— мы все время подпрыгивали на высоту, въ 6 разъ большую, чѣмъ на Землѣ.

— Это-то и подозрительно!—отвѣчалъ спорщикъ.—Вѣдь, если бы мы дѣйствительно стали здѣсь въ 6 разъ легче, то должны бы прыгать не въ 6, а въ 36 разъ выше.

— Почему? Я не понимаю такого разсужденія.

— Когда на Землѣ вы бросаете вверхъ 1-фунтовую и 6-фунтовую гирю, то которой изъ нихъ сообщаете бо̀льшую скорость?

— Конечно, 1-фунтовой. Въ 6 разъ бо̀льшую. Вѣдь ускореніе обратно пропорціонально массѣ.

— Прекрасно. А изъ формулы $h=\frac{v^2}{2g}$ мы знаемъ, что высота h поднятія тѣла, брошеннаго вверхъ, пропорціональна квадрату скорости v. Значитъ, если бы мы здѣсь стали въ 6 разъ легче, то при обычномъ усиліи мускуловъ должны были бы подпрыгивать на высоту не въ 6, а въ 36 разъ бо̀льшую!

— Такъ во сколько же разъ, по-вашему, стали мы тутъ легче?

— Не спѣшите съ заключеніемъ. Позвольте мнѣ предложить вамъ сдѣлать такой опытъ: вотъ 6-фунтовая земная гиря; по-вашему, она здѣсь превратилась въ фунтовую?

— Да. И когда она изъ моихъ рукъ упала прямо мнѣ на ногу, я, къ сожалѣнію, почувствовалъ совершенно такой же ударъ и такую же боль, какъ на Землѣ отъ 6-фунтовой гири.

— Но замѣтьте и разницу: на Землѣ, уронивъ гирю, вы едва ли успѣете отдернуть ногу; здѣсь же, если бы вы не зѣ-

вали, вы легко могли бы сдѣлать это — гиря падаетъ гораздо медленнѣе. А между тѣмъ, если бы гиря стала только легче, то скорость паденія ея не должна была бы измѣниться. Еще Галилей доказалъ, что и тяжелыя и легкія тѣла падаютъ съ одинаковой скоростью. Но возвратимся къ опыту, который я хотѣлъ предложить вамъ продѣлать. Подбросьте эту 6-фунтовую гирю изо всей силы вверхъ: на какую высоту, по-вашему, она поднимется здѣсь, на Лунѣ?

— Я думаю, на ту же высоту, на какую при томъ же усиліи поднялась бы на Землѣ 1-фунтовая гиря.

— Испытайте же... Видите: гиря взлетаетъ здѣсь очень низко — вшестеро ниже, чѣмъ на Землѣ 1-фунтовая. Если разсуждать по-вашему, то надо будетъ признать, что тѣла на Лунѣ вовсе не становятся легче!

— Признаюсь, вы теперь меня совсѣмъ спутали. Что же дѣлается съ тѣлами на Лунѣ: становятся ли они въ 6 разъ легче, какъ показываютъ пружинные вѣсы, или въ 36 разъ легче, какъ доказываютъ наши прыжки, или нисколько не легче, какъ слѣдуетъ изъ вашего опыта? Я въ полномъ недоумѣніи...

Легкость особаго рода.

Читатель, вѣроятно, также въ недоумѣніи. Поспѣшимъ же объяснить причину этихъ несообразностей.

Она кроется въ томъ, что выраженіе «легче» для даннаго случая не примѣнимо въ его обычномъ значеніи: оно не точно выражаетъ то, что происходитъ съ вѣсомыми тѣлами при перенесеніи ихъ на Луну или вообще на другую планету.

Разсмотримъ вопросъ поближе. Мы знаемъ, что вѣсъ (p) тѣла выражается произведеніемъ его массы (m) на ускореніе (g) силы тяжести: $p = mg$.

Когда на Землѣ тѣло становится легче (т. е. слабѣе давитъ на чашку вѣсовъ), то это происходитъ въ большинствѣ случаевъ отъ уменьшенія *массы*, т. е. множителя m. На Лунѣ же, наоборотъ, уменьшеніе вѣса вызвано измѣненіемъ другого множителя — g, такъ какъ ускореніе силы тяжести на поверхности нашего спутника вшестеро меньше, чѣмъ на Землѣ. Въ результатѣ произведеніе mg, а слѣдовательно и вѣсъ p, уменьшается

въ 6 разъ. Но нельзя обозначать оба явленія однимъ и тѣмъ же выраженіемъ «сдѣлаться легче». Строго говоря, на Лунѣ тѣла становятся не легче, а лишь менѣе стремительно падаютъ; они «менѣе падучи», если можно такъ выразиться. Какъ бы то ни было, повторяю, нельзя въ обоихъ случаяхъ уменьшенія вѣса, происходящаго отъ столь различныхъ причинъ, употреблять одно и то же слово «легче». Мы только что видѣли, къ какимъ недоразумѣніямъ можетъ привести непродуманное употребленіе слова «легче» для обозначенія уменьшенія тяжести на Лунѣ *).

Чтобы отчетливѣе представить себѣ, въ чемъ тутъ различіе, обратимся къ услугамъ математическихъ формулъ и вникнемъ въ слѣдующія два равенства:

Вѣсъ 1-фунтовой гири на Землѣ $= mg = p$.

Вѣсъ 6-фунтовой гири на Лунѣ $= 6m. \frac{g}{6} = p$.

Ясно, что во всѣхъ случаяхъ, когда явленіе зависитъ только отъ массы тѣла, или только отъ ускоренія, или отъ обоихъ множителей, но не въ одинаковыхъ степеняхъ,—должна сказаться разница между обѣими гирями, хотя бы онѣ и вѣсили одинаково на пружинныхъ вѣсахъ Земли и Луны.

Такъ, продолжительность (t) паденія гири на Лунѣ съ высоты h равна

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g/6}} = \sqrt{6}. \sqrt{\frac{2h}{g}} = \text{приблиз. } 2^1/_2 \times \sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ секундъ,}$$

т. е. въ $2^1/_2$ раза болѣе, чѣмъ на Землѣ. На Землѣ гиря съ высоты одного метра долетаетъ до пола менѣе, чѣмъ въ 0,4 секунды, на Лунѣ же падаетъ въ $2^1/_2$ раза дольше, т. е. въ цѣлую секунду. Въ теченіе этого промежутка легко успѣть отдернуть ногу, чтобы падающая гиря не отдавила ее. Однако, легко убѣдиться вычисленіемъ, что ударъ 6-фунтовой гири о полъ или о ногу на Лунѣ будетъ такой же, какъ на Землѣ отъ 1-фунтовой гири, ибо живая сила (произведеніе массы на квадратъ скорости) въ обоихъ случаяхъ одинакова.

---

*) Точное подобіе того, что происходитъ съ вѣсомыми тѣлами на Лунѣ, намъ даетъ падающая гиря Атвудовой машины: эта гиря дѣлается не „легче“ въ обычномъ смыслѣ слова, а лишь падаетъ съ меньшей стремительностью.

Сравнительную высоту поднятія на Лунѣ 6-фунтовой гири, брошенной рукою, легко вычислить, зная, что начальная скорость ея въ 6 разъ меньше, чѣмъ для 1-фунтовой гири на Землѣ.

Высота эта (h) на Землѣ для 1-фунтовой гири $= \frac{v^2}{2g}$. А на Лунѣ для 6-фунтовой гири $h = \left(\frac{v}{6}\right)^2 : 2g/_6 = \frac{v^2}{2g} : 6$, т. е. въ 6 разъ меньше, чѣмъ на Землѣ.

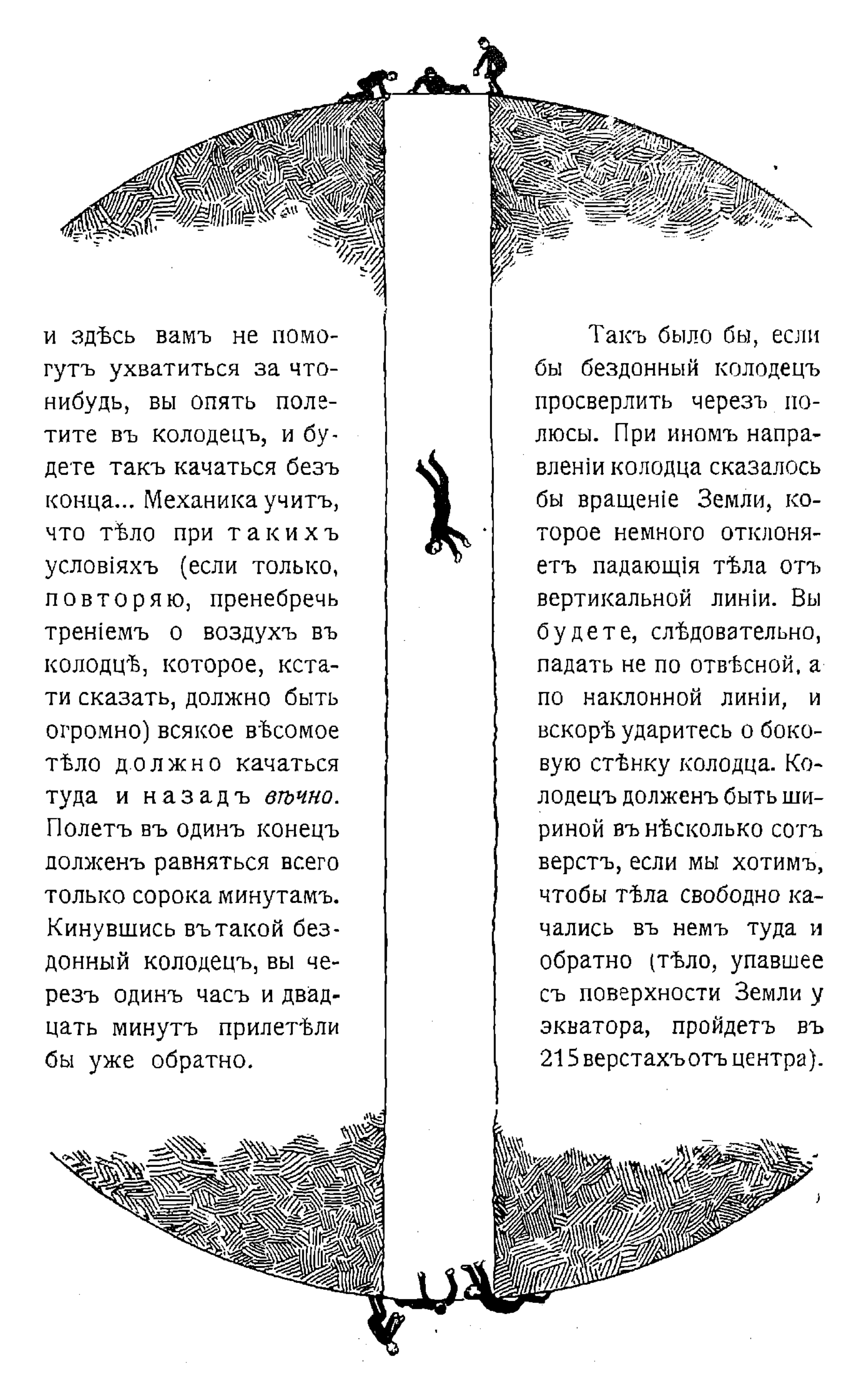
Въ бездонномъ колодцѣ.

О томъ, что дѣлается въ глубокихъ нѣдрахъ нашей планеты, ученымъ извѣстно пока очень мало. Не извѣстно даже, каковъ земной шаръ въ глубинѣ — твердый или расплавленно-жидкій. Одни полагаютъ, что подъ твердой корой въ сотню верстъ толщины начинается огненно-жидкая масса; другіе считаютъ весь земной шаръ отвердѣвшимъ до самаго центра. Рѣшить вопросъ трудно: вѣдь самая глубокая шахта простирается не глубже двухъ верстъ,—а діаметръ земного шара равенъ 12.000 верстъ. Если бы можно было просверлить черезъ всю нашу планету сквозной колодезь, прорѣзающій земной шаръ по діаметру — тогда всѣ вопросы, конечно, были бы разрѣшены...

Пока ничего подобнаго не сдѣлано, но воспользуемся этимъ воображаемымъ бездоннымъ колодцемъ, чтобы заняться одной любопытной задачей. Какъ вы думаете: что было бы съ вами, если бы вы упали въ такой бездонный колодецъ? (О сопротивленіи воздуха на время забудемъ). Разбиться о дно вы не можете, ибо дна не существуетъ, — но гдѣ же вы остановитесь?

Въ центрѣ Земли?

Нѣтъ. Когда вы долетите до центра, ваше тѣло будетъ имѣть такую колоссальную скорость (около 8-ми верстъ), что объ остановкѣ въ этой точкѣ не можетъ быть и рѣчи. Вы промчитесь далѣе и, какъ показываетъ вычисленіе, будете нестись, постепенно замедляя движеніе, пока не поравняетесь съ краями противоположнаго конца колодца. Здѣсь совѣтую покрѣпче ухватиться за края—иначе вамъ предстоитъ вновь продѣлать ту же прогулку черезъ весь колодецъ до другого конца. Если



и здѣсь вамъ не помогутъ ухватиться за что-нибудь, вы опять полетите въ колодецъ, и будете такъ качаться безъ конца... Механика учитъ, что тѣло при такихъ условіяхъ (если только, повторяю, пренебречь треніемъ о воздухъ въ колодцѣ, которое, кстати сказать, должно быть огромно) всякое вѣсомое тѣло должно качаться туда и назадъ *вѣчно*. Полетъ въ одинъ конецъ долженъ равняться всего только сорока минутамъ. Кинувшись въ такой бездонный колодецъ, вы черезъ одинъ часъ и двадцать минутъ прилетѣли бы уже обратно.

Такъ было бы, если бы бездонный колодецъ просверлить черезъ полюсы. При иномъ направленіи колодца сказалось бы вращеніе Земли, которое немного отклоняетъ падающія тѣла отъ вертикальной линіи. Вы будете, слѣдовательно, падать не по отвѣсной, а по наклонной линіи, и вскорѣ ударитесь о боковую стѣнку колодца. Колодецъ долженъ быть шириной въ нѣсколько сотъ верстъ, если мы хотимъ, чтобы тѣла свободно качались въ немъ туда и обратно (тѣло, упавшее съ поверхности Земли у экватора, пройдетъ въ 215 верстахъ отъ центра).

Рис. 46. Паденіе въ бездонный колодецъ.

Самокатная подземная дорога.

Лѣтъ десять тому назадъ въ Петроградѣ появилась брошюра со страннымъ заглавіемъ: «Самокатная подземная желѣзная дорога между С.-Петербургомъ и Москвой. Фантастическій романъ пока въ трехъ главахъ, да и то неоконченныхъ». Талантливый авторъ этого неоконченнаго романа, А. А. Родныхъ, предлагаетъ остроумный проектъ, съ которымъ интересно познакомиться всякому любителю физическихъ парадоксовъ.

Проектъ состоитъ «ни болѣе ни менѣе, какъ въ проведеніи 600-верстнаго туннеля, который долженъ соединить обѣ наши столицы по совершенно прямой подземной линіи. Такимъ образомъ впервые явилась бы возможность для человѣчества совершать путь по прямой, а не ходить кривыми путями, какъ это было до сихъ поръ». Авторъ намекаетъ здѣсь на то, что всѣ наши дороги слѣдуютъ по дугамъ, между тѣмъ какъ проектируемый туннель пройдетъ по прямой линіи, по хордѣ.

Такой туннель, если бы его можно было прорыть, имѣлъ бы одно удивительное, почти волшебное свойство, какимъ не обладаетъ ни одна дорога въ мірѣ. Свойство это заключается въ томъ, что любой экипажъ въ подобномъ туннелѣ *долженъ двигаться самъ собой*, безъ всякой тяги! Вспомнимъ нашъ бездонный колодецъ, пробуравливающій земной шаръ. Петроградо-Московскій туннель — тотъ же колодецъ, только просверленъ онъ не по діаметру, а по хордѣ. Правда, при взглядѣ на чертежъ 47-ой можетъ показаться, что туннель прорытъ горизонтально, и что, слѣдовательно, нѣтъ причины поѣзду катиться по нему въ силу тяжести. Но это лишь обманъ зрѣнія: проведите мысленно радіусы къ концамъ туннеля (направленіе радіуса есть направленіе отвѣса); вы поймете тогда, что тунель нашъ прорытъ не перпендикулярно къ отвѣсу, т. е. не горизонтально, а наклонно внизъ. Въ такомъ косомъ колодцѣ всякое тѣло должно само качаться подъ дѣйствіемъ тяжести взадъ и впередъ, но будетъ все время прижиматься ко дну. Если въ туннелѣ устроить рельсы, то желѣзнодорожный вагонъ будетъ самъ катиться по нимъ: его вѣсъ замѣнитъ тягу паровоза. Вначалѣ поѣздъ будетъ двигаться очень медленно. Съ каждой секундой скорость самокатнаго поѣзда будетъ возра-

стать; вскорѣ она дойдетъ до невообразимой величины, такъ что воздухъ въ туннелѣ будетъ уже замѣтно мѣшать его движенію. Но забудемъ на время объ этомъ досадномъ препятствіи, мѣшающемъ осуществленію многихъ заманчивыхъ проектовъ, и прослѣдимъ за поѣздомъ дальше. Домчавшись до середины

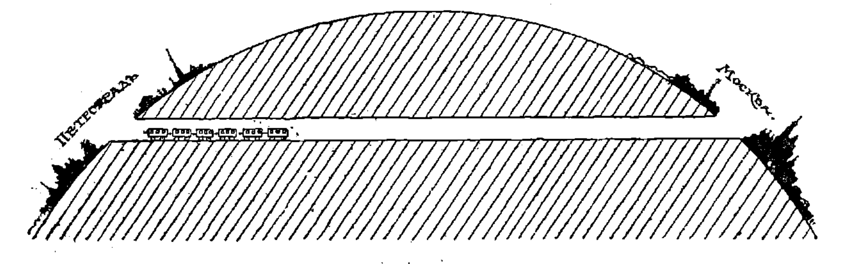


Рис. 47. Самокатная подземная дорога между Петроградомъ и Москвой. Поѣзда мчались бы по ней туда и назадъ собственнымъ вѣсомъ, безъ паровозовъ.

туннеля, поѣздъ будетъ обладать такой огромной скоростью— быстрѣе пушечнаго ядра!—что съ разбѣга докатится почти до противоположнаго конца туннеля. Если бы не треніе, то не было бы и этого «почти»: поѣздъ безъ паровоза самъ доѣхалъ бы изъ Петрограда въ Москву въ 40 минутъ.

То же повторилось бы съ любымъ другимъ экипажемъ: дрезиной, каретой, автомобилемъ и т. д. Это поистинѣ сказочная дорога, которая, сама оставаясь неподвижной, мчитъ по себѣ всѣ экипажи съ одного конца до другого и при томъ съ невообразимой быстротой!

Милліоны лѣтъ назадъ.

Согласно теоріи извѣстнаго геолога Зюсса, горы на земномъ шарѣ образовались вслѣдствіе того, что наша планета, охлаждаясь, уменьшалась въ объемѣ; при этомъ земная кора сморщивалась, какъ сморщивается кожа изсохшаго яблока. Морщины земной коры и есть горы. Отсюда слѣдуетъ, что нѣкогда— милліоны лѣтъ назадъ — земной шаръ былъ больше, нежели теперь. Можно даже вычислить, насколько именно больше. Если мысленно расправить всѣ складчатыя горы земного шара, то

опредѣлится, на сколько поверхность нашей планеты была нѣкогда больше, нежели теперь; а зная разность поверхностей шаровъ легко узнать разность радіусовъ.

Этимъ путемъ вычислено, что въ древнѣйшую геологическую эпоху (альгонскую) радіусъ земного шара былъ на $\frac{1}{4}$ больше, нежели теперь. Отсюда вытекаетъ неожиданное слѣдствіе, что нѣкогда тяжесть на поверхности нашей планеты была гораздо слабѣе, нежели въ настоящее время! Вѣдь, напряженіе тяжести быстро уменьшается по мѣрѣ удаленія отъ центра, — именно пропорціонально к в а д р а т у разстоянія. Поверхность Земли была тогда въ $^5/_4$ дальше отъ центра, нежели теперь; слѣдовательно, тяжесть должна была измѣниться въ отношеніи $\left(\frac{4}{5}\right)^2 = \frac{16}{25}$, т. е. составляла, приблизительно, $\frac{2}{3}$ нынѣшней силы тяжести!

Итакъ, тяжесть на Землѣ не всегда была такой, какъ теперь: милліоны лѣтъ тому назадъ нынѣшній пудъ вѣсилъ всего 26 фунтовъ! Тогда рѣки текли не такъ быстро, дождь падалъ медленнѣе, вулканическая пыль выбрасывалась на бóльшую высоту и медленнѣе осаждалась; вода въ тонкихъ трубкахъ и скважинахъ поднималась выше, и т. п.

Животный и растительный міръ прежнихъ геологическихъ эпохъ развивался въ условіяхъ меньшей тяжести, нежели теперь нѣкоторые ученые думаютъ даже, что отчасти вслѣдствіе постепеннаго усиленія тяжести вымерли ископаемые исполины.



ГЛАВА ПЯТАЯ.

Путешествіе въ пушечномъ ядрѣ.

Въ заключеніе нашихъ бесѣдъ о законахъ движенія и силѣ притяженія, разберемъ всѣмъ намъ хорошо знакомое фантастическое путешествіе на Луну, такъ занимательно описанное Жюль-Верномъ въ романѣ «Вокругъ Луны». Вы, конечно, помните, что члены пушечнаго клуба Балтиморы, обреченные на бездѣятельность съ окончаніемъ Сѣверо-Американской войны, рѣшили отлить исполинскую пушку, зарядить ее огромнымъ полымъ ядромъ и, посадивъ въ него пассажировъ, выстрѣломъ отправить это ядро-вагонъ на Луну.

Фантастична ли эта мысль сама по себѣ? И прежде всего: можно ли сообщить тѣлу такую скорость, чтобы оно безвозвратно покинуло земную поверхность?

Ньютонова гора.

Предоставимъ слово геніальному Ньютону, открывшему законъ всемірнаго тяготѣнія. Въ своихъ «Математическихъ началахъ физики» онъ пишетъ:

«Брошенный камень подъ дѣйствіемъ тяжести отклоняется отъ прямолинейнаго пути и падаетъ на землю, описывая кривую линію. Если бросить камень съ бóльшей скоростью, то онъ полетитъ дальше; поэтому можетъ случиться, что онъ опишетъ дугу въ десять, сто, тысячу миль и, наконецъ, выйдетъ за предѣлы Земли и не вернется на нее больше. Пусть AFB (рис. 48) представляетъ поверхность Земли, *C*—ея центръ, а VD, VE, VF—кривыя линіи, которыя описываетъ тѣло, брошенное въ горизонтальномъ направленіи съ очень высокой горы съ все большей

и большей скоростью. Мы не принимаемъ во вниманіе противодѣйствія атмосферы, т. е. предполагаемъ, что она совершенно отсутствуетъ. При меньшей первоначальной скорости тѣло описываетъ кривую VD, при большей скорости—кривую VE, при еще большей скорости кривыя VF, VG. При еще большей скорости тѣло обойдетъ вокругъ всей Земли и возвратится къ вершинѣ горы, съ которой его бросили. Такъ какъ при возвращеніи къ исходному пункту скорость тѣла будетъ не меньше, чѣмъ въ самомъ началѣ, то тѣло будетъ продолжать двигаться и дальше по той же кривой».

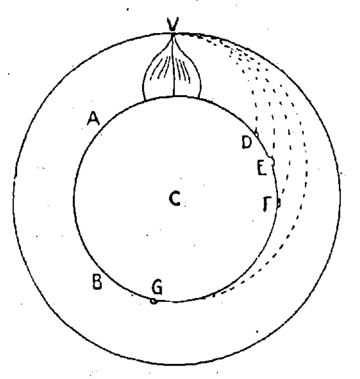


Рис. 48. Какъ должны падать камни, если бросать ихъ съ огромною скоростью въ горизонтальномъ направленіи.

Если бы на этой воображаемой горѣ Ньютона была пушка, то ядро, выброшенное пушкой, при извѣстной скорости никогда не упадетъ на землю, а будетъ безостановочно кружиться вокругъ земного шара. Путемъ довольно простого расчета не трудно опредѣлить, что это наступитъ при скорости, равной восьми верстамъ въ секунду. Другими словами, ядро, извергаемое пушкой со скоростью восьми верстъ въ секунду, навсегда покидаетъ поверхность земного шара и становится какъ бы спутникомъ нашей планеты. Центробѣжная сила, развивающаяся при этомъ, какъ разъ равна силѣ земного притяженія. Ядро будетъ мчаться въ 17 разъ быстрѣе, чѣмъ какая-либо точка на экваторѣ, и опишетъ полный оборотъ вокругъ нашей планеты въ 1 час. 23 мин. Если же сообщить ядру бо̀льшую скорость, то оно будетъ обращаться около Земли уже не по кругу, а по болѣе или менѣе вытянутому эллипсу, удаляясь отъ Земли на огромное разстояніе. Наконецъ, при еще большей начальной скорости ядро навсегда удалится въ безпредѣльное міровое пространство. Въ механикѣ доказывается, что это должно наступить при начальной скорости въ 11 верстъ.

Само собою разумѣется, что во всѣхъ этихъ разсужденіяхъ имѣются въ виду ядра, движущіяся въ *пустомъ* пространствѣ, а не въ воздушной средѣ.

Итакъ, если бы не существовало атмосферы, то ничего невозможнаго не было бы въ идеѣ перебросить на Луну какое-либо земное тѣло. Теперь посмотримъ, можно ли осуществить это тѣми средствами, которыя предлагаетъ намъ Жюль Вернъ. Современныя пушки сообщаютъ ядрамъ скорость около версты въ первую секунду. Это всего въ десять разъ меньше той скорости, съ какой тѣло можетъ полетѣть на Луну. Жюль Вернъ думалъ, что, соорудивъ исполинскую пушку и наполнивъ ее огромнымъ количествомъ взрывчатыхъ веществъ, легко можно будетъ посылать ядра на Луну.

Фантастическая пушка.

Герои Жюля Верна отливаютъ гигантскую пушку длиною въ $^1/_4$ версты, вертикально врытую въ землю. Изготовляется соотвѣтственно огромное ядро, которое внутри представляетъ собою комнатку для пассажировъ. Вѣсъ этого ядра—500 пудовъ. Заряжаютъ пушку обыкновеннымъ хлопчатобумажнымъ порохомъ-пироксилиномъ, — въ количествѣ 10.000 пудовъ. Въ результатѣ взрыва ядро, если вѣрить романисту, пріобрѣтаетъ при вылетѣ скорость въ 16 верстъ въ секунду,—но вслѣдствіе тренія о воздухъ скорость эта уменьшается до 11 верстъ. Такимъ образомъ, очутившись за предѣлами атмосферы, Жюль-Верново ядро обладаетъ скоростью, вполнѣ достаточною, чтобы полетѣть на Луну.

Такъ описывается въ романѣ. Что же говоритъ объ этомъ физика?

Проектъ Жюля Верна уязвимъ совсѣмъ не въ томъ пунктѣ, куда обычно направляется сомнѣніе читателя. Правда, артиллеристы утверждаютъ, что даже огромный зарядъ Жюль-Верновой пушки вовсе не достаточенъ для сообщенія снаряду потребной скорости. Скорость снаряда, конечно, возрастаетъ съ увеличеніемъ количества взрывчатыхъ веществъ, но только до извѣстнаго предѣла. Поэтому, весьма сомнительно, чтобы ядро фантастической пушки получило скорость болѣе 1—$1^1/_2$ верстъ въ секунду, вмѣсто ожидаемыхъ шестнадцати.

Но не въ томъ дѣло. Будемъ надѣяться, что химики когда-нибудь предоставятъ въ наше распоряженіе взрывчатое ве-

щество, способное удовлетворить требованіямъ членовъ Балтиморскаго пушечнаго клуба.

Гораздо больше опасеній вызываетъ участь самихъ пассажировъ. Но не думайте, что опасность грозитъ имъ во время полета отъ Земли до Луны. Если бы имъ удалось остаться живыми къ тому моменту, когда они покинутъ жерло пушки, то во все время дальнѣйшаго путешествія имъ ужъ нечего было бы опасаться. Огромная скорость, съ которой пассажиры будутъ мчаться въ міровомъ пространствѣ вмѣстѣ съ ихъ вагономъ, столь же безвредна для нихъ, какъ безвредна для насъ, обитателей Земли, та 30-верстная скорость, съ какой планета наша мчится вокругъ Солнца.

Тысячепудовая шляпа.

Самый опасный моментъ для нашихъ путешественниковъ представляютъ тѣ нѣсколько десятыхъ долей секунды, въ теченіе которыхъ ихъ каюта-ядро будетъ двигаться въ каналѣ пушки. Вѣдь въ теченіе этого ничтожно малаго промежутка времени скорость, съ какою пассажиры будутъ двигаться въ ядрѣ, должна возрасти отъ нуля до 16 верстъ! Не даромъ въ романѣ пассажиры съ такимъ страхомъ ожидали момента выстрѣла. И мистеръ Барбикенъ былъ вполнѣ правъ, говоря, что моментъ, когда ядро полетитъ, будетъ для пассажировъ такъ же опасенъ, какъ если бы они были не внутри ядра, а впереди него. Дѣйствительно: въ моментъ выстрѣла нижняя площадка каюты ударитъ пассажировъ снизу вверхъ съ такой же силой, съ какой обрушилось бы ядро на всякое вообще тѣло, находящееся на его пути. Пассажиры, если вѣрить автору романа, отнеслись къ этой опасности черезчуръ ужъ легкомысленно, воображая, что отдѣлаются, въ худшемъ случаѣ, сильнымъ приливомъ крови къ головѣ...

Но увы—дѣло обстоитъ гораздо серьезнѣе. Намъ станетъ ясно это, если произвести нѣсколько довольно несложныхъ расчетовъ. Напомнимъ, что въ каналѣ пушки ядро движется ускоренно: скорость ядра растетъ подъ постояннымъ напоромъ газовъ, образовавшихся при взрывѣ. Въ теченіе ничтожной доли секунды эта скорость возрастаетъ отъ 0 до 16 верстъ. Ускореніе, необходимое для того, чтобы въ столь ничтожное время довести скорость ядра до 16 верстъ, достигаетъ здѣсь

круглымъ счетомъ 600 верстъ въ секунду! (Вычисленія приведены далѣе на стр. 92—93).

Мы поймемъ роковое значеніе этой цыфры, если вспомнимъ, что обычное ускореніе силы тяжести на земной поверхности равняется всего 5 саженямъ. Отсюда слѣдуетъ, что всякій предметъ внутри снаряда въ моментъ выстрѣла оказывалъ бы на дно ядра давленіе, которое въ 60.000 разъ сильнѣе вѣса этого предмета! Другими словами: пассажиры почувствуютъ, что они сдѣлались въ нѣсколько десятковъ тысячъ разъ тяжелѣе. И конечно, подъ дѣйствіемъ такой колоссальной тяжести, они были бы мгновенно расплющены въ тонкій листокъ. Цилиндръ почтеннаго мистера Барбикона вѣсилъ бы въ моментъ выстрѣла не менѣе тысячи пудовъ: такой шляпы черезчуръ достаточно, чтобы раздавить ея владѣльца.

Правда, въ романѣ Жюля Верна приняты кое-какія мѣры, чтобы ослабить силу удара: ядро снабжено пружинными буферами и двойнымъ дномъ съ водой, заполняющей пространство между ними. Поэтому, продолжительность удара немного растягивается, и, слѣдовательно, быстрота наростанія скорости ослабляется. Но при тѣхъ грандіозныхъ цыфрахъ, съ которыми приходится здѣсь имѣть дѣло, выгода отъ этихъ приспособленій получается очень мизерная. Сила, которая будетъ придавливать пассажировъ къ полу, уменьшается всего на сотую долю, — а не все ли равно: быть раздавленнымъ шляпой въ тысячу или въ девятьсотъ пудовъ?

Еще одинъ опасный моментъ.

Но это еще не все, что ожидаетъ пассажировъ въ теченіе того краткаго мига, пока они летятъ вдоль канала пушки. Если бы какимъ-нибудь чудомъ они остались въ живыхъ въ моментъ взрыва,—смерть ожидала бы ихъ у выхода изъ орудія. Вспомнимъ о сопротивленіи воздуха! При обычныхъ условіяхъ мы мало думаемъ о томъ, чтобы столь легкая среда, какъ воздухъ, могла серьезно мѣшать движенію тѣла. Но это только потому, что обычныя скорости сравнительно не велики. Съ возрастаніемъ скорости, сопротивленіе воздуха быстро увеличивается. Велосипедисты по собственному опыту знаютъ, какой помѣхой

для нихъ является воздухъ. Вычислено, что даже при умѣренной скорости всего 9 верстъ въ часъ велосипедистъ тратитъ на преодолѣніе сопротивленія воздуха около $^1/_7$ доли энергіи; а при 15-верстной скорости на эту работу уходитъ $^1/_6$ доля развиваемой имъ энергіи, а при скорости въ 20 верстъ на преодолѣніе воздушнаго сопротивленія идетъ $^1/_4$ его энергіи! Неудивительно, что при очень быстрой ѣздѣ велосипедистъ наклоняется къ рулю: онъ уменьшаетъ этимъ поверхность своего тѣла и, слѣдовательно, ослабляетъ сопротивленіе воздуха.

Несомнѣнно, что ядро, покидающее Жюль-Вернову пушку съ шестнадцативерстной скоростью, встрѣтитъ со стороны воздуха неимовѣрное сопротивленіе, почти такое же, какъ отъ твердаго тѣла. При этомъ второмъ ударѣ несчастные пассажиры, конечно, не остались бы въ живыхъ: движеніе ядра мгновенно замедлилось бы, а пассажиры внутри его продолжали бы по инерціи двигаться съ шестнадцативерстною секундной скоростью. Съ чудовищной быстротой они ударились бы о потолокъ своей каюты, испытавъ почти такое же сотрясеніе, какъ и при первомъ ударѣ о полъ. Вѣдь даже при умѣренной скорости трамвая мы падаемъ впередъ, если неопытный вагоновожатый слишкомъ рѣзко останавливаетъ вагонъ. А ядро Жюля Верна мчится въ пять тысячъ разъ быстрѣе трамвая!

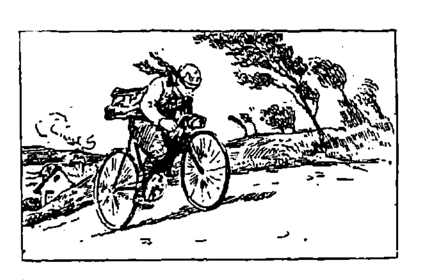


Рис. 49. Велосипедистъ тратитъ значительную долю своей энергіи на то, чтобы преодолѣть сопротивленіе воздуха.

Вы видите, какимъ сложнымъ представляется при свѣтѣ механики этотъ красивый проектъ Жюля Верна, кажущійся на первый взглядъ столь легко осуществимымъ!

Какъ избѣгнуть сотрясенія?

Физика даетъ намъ указаніе на то, какъ мыслимо избѣжать этихъ опасностей. Отъ сопротивленія воздуха можно было бы избавиться, если бы, напр., удалось помѣстить пушку такъ

высоко, чтобы жерло ея находилось уже за предѣлами плотной части атмосферы.

Но какъ ослабить роковую быстроту наростанія скорости? Этого можно достигнуть, если во много разъ удлинить каналъ пушки.

Удлиненіе, однако, потребуется весьма значительное, если мы хотимъ, чтобы сила относительной тяжести внутри ядра въ моментъ выстрѣла равнялась обыкновенной тяжести на земномъ шарѣ. Расчетъ показываетъ, что для этого нужно было бы изготовить пушку длиною ни мало ни много—въ 6.000 верстъ! Другими словами, Жюль-Вернова «Колумбіада» должна была бы простираться въ глубь земного шара до самаго центра его... Тогда пассажиры дѣйствительно были бы избавлены отъ всякихъ непріятностей: къ ихъ обычному вѣсу присоединился бы еще только кажущійся незначительный прибавочный вѣсъ вслѣдствіе медленнаго наростанія скорости, и они чувствовали бы, что стали всего вдвое тяжелѣе.

Надо замѣтить, впрочемъ, что человѣческій организмъ способенъ въ теченіе краткаго промежутка времени безъ всякаго вреда для себя переносить увеличеніе тяжести въ нѣсколько разъ. Когда мы скатываемся съ ледяной горы внизъ и здѣсь быстро мѣняемъ направленіе своего движенія, то вѣсъ нашъ въ этотъ краткій мигъ увеличивается въ 10—20 разъ, т. е. тѣло наше прижимается къ салазкамъ въ нѣсколько десятковъ разъ сильнѣе обычнаго.

Если допустить, что человѣкъ можетъ безвредно переносить въ теченіе короткаго времени двадцатикратное увеличеніе своего вѣса, то достаточно будетъ отлить пушку всего въ *триста* верстъ длиною. Для насъ, однако, и это мало утѣшительно потому, что подобное сооруженіе лежитъ за предѣлами техническаго достиженія.

Физика указываетъ и на другое средство ослабить силу удара. Самую хрупкую вещь можно уберечь отъ поломки при сотрясеніи, погрузивъ ее въ жидкость равнаго удѣльнаго вѣса. Если заключить хрупкую вещь въ сосудъ съ жидкостью точно такой же плотности и герметически закупорить его, то подобный сосудъ можетъ падать съ высоты и вообще испытывать самыя сильныя сотрясенія (конечно, при условіи, что сосудъ остается цѣлымъ), — и хрупкая вещь отъ этого ни-

сколько не страдаетъ. Мы могли бы поэтому осуществить смѣлую затѣю Жюль-Верновыхъ артиллеристовъ, если бы наполнили внутренность ядра соленой водой, по плотности равной человѣческому тѣлу, и погрузили въ эту жидкость нашихъ пассажировъ—въ водолазныхъ шлемахъ, съ запасомъ воздуха. Спустя секунду послѣ выстрѣла, когда наростаніе скорости прекратится и пассажиры пріобрѣтутъ скорость ядра, они смогутъ уже выпустить воду и безъ опасеній устроиться въ каютѣ такъ, какъ описалъ Жюль Вернъ *).

Вотъ при какихъ условіяхъ мыслимо осуществленіе заманчиваго проекта Жюля Верна полетѣть на Луну въ пушечномъ ядрѣ.

Для друзей математики.

Среди читателей этой книги, безъ сомнѣнія, найдутся и такіе, которые пожелаютъ сами провѣрить расчеты, упомянутые выше. Приводимъ здѣсь эти несложныя вычисленія.

Для расчетовъ намъ придется пользоваться лишь двумя формулами ускореннаго движенія,—а именно:

1) Скорость v въ концѣ t-ой секунды равна at, гдѣ a—ускореніе:

$$v = at.$$

2) Пространство S, пройденное въ теченіе t секундъ, опредѣляется формулой:

$$S = \frac{at^2}{2}$$

По этимъ формуламъ опредѣлимъ, напримѣръ, ускореніе движенія ядра, когда оно скользило въ каналѣ «Колумбіады».

Намъ извѣстна изъ романа длина пушки — 210 метровъ: это и есть пройденный тѣломъ путь, S. Мы знаемъ точно

---

*) Описывая въ романѣ условія жизни внутри летящаго пушечнаго ядра, Жюль Вернъ сдѣлалъ одно существенное упущеніе, о которомъ подробно говорится въ первой книгѣ «Занимательной физики». Романистъ не принялъ въ расчетъ, что во все время перелета предметы внутри ядра будутъ абсолютно невѣсомы, такъ какъ сила тяжести сообщаетъ одинаковыя ускоренія и ядру и всѣмъ тѣламъ въ немъ (см. также далѣе статью «Недостающая глава въ романѣ Жюля Верна»). Невѣсомыми должны быть предметы и внутри того небеснаго корабля, о которомъ говорилось въ статьѣ «Къ звѣздамъ на ракетѣ».

также конечную скорость ядра: $v = 16.000$ метровъ. Данныя эти позволяютъ намъ опредѣлить прежде всего величину t—продолжительность движенія снаряда въ каналѣ орудія (разсматривая это движеніе, какъ равномѣрно-ускоренное). Въ самомъ дѣлѣ:

$$v = at = 16000$$

$$210 = S = \frac{at.t}{2} = \frac{16000t}{2} = 8000t,$$

$$\text{откуда } t = \frac{210}{8000} = \text{около } \frac{1}{40}$$

Итакъ, оказывается, что ядро скользило внутри пушки всего $^1/_{40}$ секунды!

Подставивъ $t = \frac{1}{40}$ въ формулу $v = at$, имѣемъ:

$$16000 = \frac{a}{40}, \text{ откуда } a = 640000.$$

Значитъ, ускореніе ядра при движеніи въ каналѣ $= 640000$ метровъ въ секунду, т. е. въ 64000 разъ больше ускоренія силы тяжести!

Какой же длины должна быть пушка, чтобы это ускореніе ядра было всего въ 20 разъ больше ускоренія свободно падающаго тѣла (т. е. равнялось 200 метрамъ)?

Это задача, обратная той, которую мы только что рѣшили. Данныя: $a = 200$ метр.; $v = 11000$ метровъ (при отсутствіи сопротивленія атмосферы такая скорость достаточна).

Изъ формулы $v = at$ имѣемъ: $11000 = 200t$, откуда $t = 55$ секундамъ.

Изъ формулы $S = \frac{at^2}{2} = \frac{at.t}{2}$, получаемъ, что длина пушки должна равняться $\frac{11000 \times 55}{2} = 302500$ метровъ, т. е., круглымъ счетомъ, около 300 верстъ.

Такими простыми вычисленіями получены тѣ цыфры, которыя безжалостно разрушаютъ заманчивые планы героевъ Жюля Верна.



ГЛАВА ШЕСТАЯ.

Свойства жидкостей и газовъ.

Море, въ которомъ нельзя утонуть.

Такое море существуетъ въ странѣ, которая извѣстна была человѣчеству съ древнѣйшихъ временъ. Это знаменитое Мертвое море Палестины. Воды библейскаго озера-моря необыкновенно солены,—настолько, что въ нихъ не можетъ жить ни одно живое существо. Знойный, бездождный климатъ Палестины вызываетъ сильное испареніе воды съ поверхности озера. Но испаряется только чистая вода, всѣ же растворенныя соли остаются въ озерѣ и увеличиваютъ соленость ея воды. Вотъ почему вода Мертваго моря содержитъ не 2 или 3 процента соли, какъ большинства морей и океановъ, а 25 процентовъ! Иначе говоря: четвертую часть содержимаго Мертваго моря составляютъ соли, растворенныя въ ея водѣ.

Густая соленость воды Мертваго моря связана съ одной любопытной особенностью ея: о н а з н а ч и т е л ь н о т я ж е л ѣ е о б ы к н о в е н н о й м о р с к о й в о д ы. Утонуть въ такой тяжелой жидкости нельзя: человѣческое тѣло легче ея. Вѣсъ нашего тѣла меньше вѣса равнаго объема сильно-соленой воды и, слѣдовательно, по закону Архимеда, человѣкъ не можетъ затонуть въ Мертвомъ морѣ.

Знаменитый юмористъ Маркъ Твэнъ, посѣтившій библейское озеро-море, съ комичной обстоятельностью описываетъ тѣ необычайныя ощущенія, которыя онъ и его спутники испытали, купаясь въ тяжелыхъ водахъ Мертваго моря:

«Это было забавное купанье! Мы не могли утонуть. Здѣсь можно вытянуться на водѣ во всю длину, лежа на спинѣ и

сложивъ руки на груди, при чемъ бóльшая часть тѣла будетъ оставаться надъ водой. При этомъ можно совсѣмъ поднять голову... Вы можете лежать очень удобно на спинѣ, поднявъ голову и ноги до колѣнъ и опираясь на воду руками. Вы можете усѣсться на водѣ, поднявъ ноги къ подбородку и охвативъ ихъ руками,—но вскорѣ перевернетесь, такъ какъ голова перевѣшиваетъ. Вы можете встать на голову—и отъ середины груди до конца ногъ будетъ оставаться внѣ воды; но вы не можете



Рис. 50. Человѣческое тѣло не тонетъ въ Мертвомъ морѣ.

долго сохранять такое положеніе. Вы не можете плыть на спинѣ, подвигаясь сколько-нибудь замѣтно, такъ какъ ваши ноги торчатъ изъ воды, и вамъ приходится отталкиваться только пятками. Если же вы плывете внизъ лицомъ, то подвигаетесь не впередъ, а назадъ. Лошадь такъ неустойчива, что не можетъ ни плавать, ни стоять въ Мертвомъ морѣ,—она тотчасъ же ложится на бокъ».

На прилагаемой фотографіи вы видите туриста, не безъ комфорта расположившагося на поверхности воды Мертваго моря; большой удѣльный вѣсъ густо-соленой воды позволяетъ ему въ такой позѣ съ удобствомъ читать книгу, защищаясь зонтикомъ отъ жгучихъ лучей палестинскаго солнца.

Нѣчто въ этомъ родѣ приходится испытывать тѣмъ больнымъ, которымъ врачи приписываютъ принимать соленыя ванны. Если соленость воды очень велика—какъ, напримѣръ, въ Старорусскихъ минеральныхъ водахъ — то больному приходится прилагать немалыя усилія, чтобы удерживаться на днѣ ванны. Я слышалъ, какъ одна дама, лѣчившаяся въ Старой Руссѣ, съ возмущеніемъ жаловалась, что вода ее «положительно выталкивала изъ ванны». Но кажется, она склонна была винить въ этомъ не законъ Архимеда, а администрацію минеральныхъ водъ...

Вѣчный водяной двигатель.

Среди безчисленныхъ проектовъ «вѣчнаго двигателя» было, между прочимъ, такое «изобрѣтеніе». Безконечная цѣпь изъ деревянныхъ шаровъ перекинута черезъ два зубчатыхъ вала такъ, что часть цѣпи проходитъ черезъ бассейнъ съ водой (рис. 51). Дерево въ водѣ всплываетъ; поэтому правая часть цѣпи должна быть гораздо легче лѣвой — послѣдняя перетянетъ. И такъ какъ при движеніи этой цѣпи шаровъ лѣвая ея половина всегда будетъ перетягивать правую, то машина должна безостановочно вращаться сама собою!

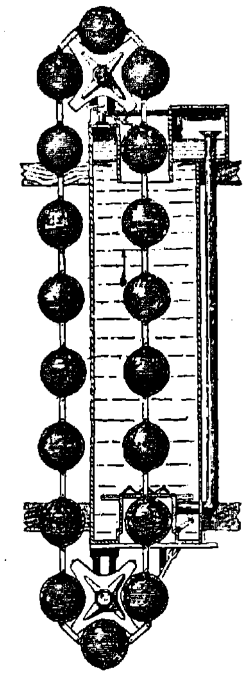


Рис. 51. Правая часть цѣпи, находящаяся въ водѣ, легче лѣвой. Будетъ ли цѣпь двигаться сама собой?

Простой и дешевый вѣчный двигатель.

Вѣроятно, невѣдомый изобрѣтатель этого двигателя не пробовалъ осуществлять его на дѣлѣ—иначе онъ убѣдился бы, что, вопреки его ожиданіямъ, машина не обнаруживаетъ ни малѣйшаго стремленія двигаться.

И если разобраться хорошенько въ этой «машинѣ», то легко заранѣе предвидѣть, что никакого движенія цѣпи происходить вовсе не должно.

Шары въ водѣ, дѣйствительно, должны, по закону Архимеда, стремиться всплыть вверхъ съ силой, равною разности

между ихъ вѣсомъ и вѣсомъ такого же объема воды. Но стремясь подняться, погруженные шары тянутъ съ собою вверхъ и тѣ шары, которые еще находятся внизу, внѣ воды. И когда такой новый шаръ вступаетъ снизу въ сосудъ, онъ долженъ преодолѣть давленіе стоящаго надъ нимъ столба воды вышиною во всю высоту сосуда. Всплывающіе шары, хотя и тянутъ вверхъ новый шаръ, но преодолѣть такого давленія не могутъ — вѣдь сумма объемовъ всѣхъ погруженныхъ шаровъ меньше объема сплошного цилиндра, опирающагося на самый нижній шаръ. Неудивительно, что машина остается неподвижной.

Новые Героновы фонтаны.

Обычная форма Геронова фонтана, вѣроятно, всѣмъ извѣстна. Впрочемъ, напомню здѣсь объ устройствѣ этого любопытнаго прибора, прежде чѣмъ перейду къ описанію его новѣйшихъ видоизмѣненій. Героновъ фонтанъ состоитъ изъ 3 сосудовъ: верхняго — открытаго (а) и двухъ шарообразныхъ, *b* и *c*, герметически замкнутыхъ. Сосуды соединены тремя трубками, расположеніе которыхъ показано на чертежѣ 52. Когда въ сосудѣ *a* есть немного воды, шаръ *b* наполненъ водой, а шаръ *c*—воздухомъ,—фонтанъ начинаетъ дѣйствовать: вода переливается по трубкѣ изъ сосуда *a* въ нижній шаръ *c*, вытѣсняетъ изъ него воздухъ въ шаръ *b*; подъ давленіемъ поступающаго воздуха вода изъ *b* устремляется по трубкѣ вверхъ и бьетъ фонтаномъ надъ сосудомъ *a*. Когда шаръ *b* опорожнится, т. е. вся вода изъ него перейдетъ въ шаръ *c*, фонтанъ перестаетъ бить. Струя бьетъ тѣмъ выше, чѣмъ больше разстояніе между *a* и *c*. Теоретически высота струи надъ уровнемъ сосуда *b* должна въ точности равняться разности уровней въ сосудахъ *a* и *c*; но треніе о стѣнки трубокъ нарушаетъ это равенство.

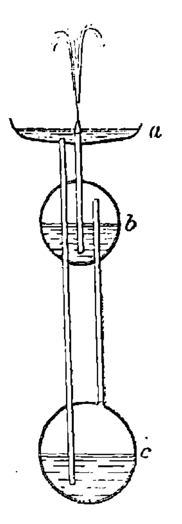


Рис. 52. Обыкновенный Героновъ фонтанъ.

Такова старинная форма Геронова фонтана. Недавно одинъ школьный учитель въ Италіи, побуждаемый къ изобрѣтательности скудной обстановкой своего физическаго каби-

нета, упростилъ устройство Геронова фонтана и придумалъ такія видоизмѣненія его, которыя всякій можетъ устроить самъ при помощи простѣйшихъ средствъ. Вмѣсто шаровъ онъ употребляетъ обыкновенныя аптечныя склянки; вмѣсто стеклянныхъ трубокъ беретъ резиновыя. Верхній сосудъ не надо продырявливать: можно просто ввести въ него концы трубокъ, какъ показано на черт. 53.

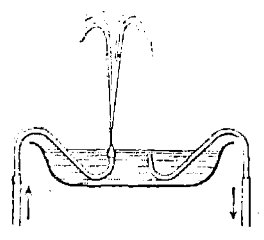


Рис. 53. Упрощенное устройство верхней тарелки Геронова фонтана.

Въ такомъ видоизмѣненіи приборъ гораздо удобнѣе къ употребленію: когда вся вода изъ банки *b* перельется въ банку *c*, можно просто переставить банки — опустить *b*, поднять *c* — и фонтанъ вновь дѣйствуетъ (не надо забывать, разумѣется, пересадить также наконечникъ на другую трубку).

Другое удобство видоизмѣненнаго фонтана состоитъ въ томъ, что онъ даетъ возможность произвольно измѣнять рас-

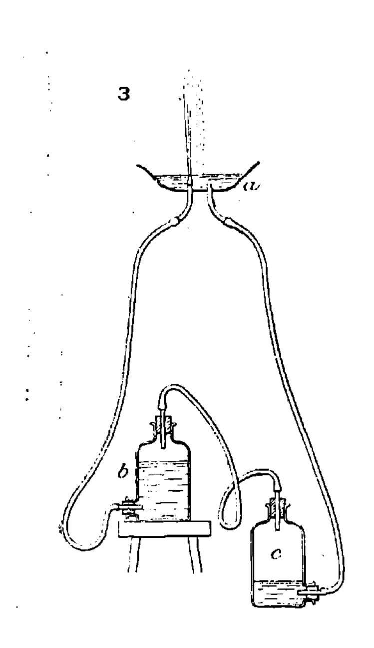


Рис 54. Упрощенный Героновъ фонтанъ изъ аптечныхъ склянокъ.

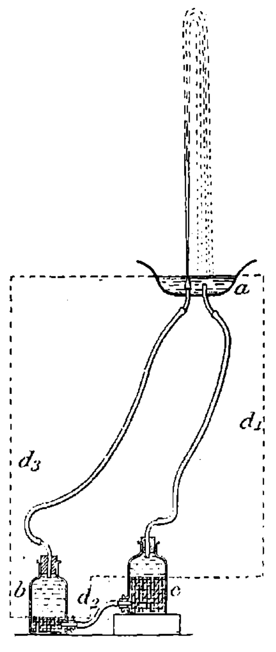


Рис. 55. Наливъ въ сосуды ртуть, можно заставить фонтанъ бить гораздо выше.

положеніе сосудовъ и изучать, какъ вліяетъ разстояніе уровней сосудовъ на высоту струи.

Если желаете во много разъ увеличить высоту струи, вы можете достигнуть этого, замѣнивъ въ нижнихъ склянкахъ описаннаго прибора воду ртутью, а воздухъ — водой (рис. 55). Дѣйствіе прибора понятно: ртуть, переливаясь изъ банки *c* въ банку *b*, вытѣсняетъ изъ нея воду, заставляя ее бить фонтаномъ. Зная, что ртуть въ $13^1/_2$ разъ тяжелѣе воды, мы можемъ легко вычислить, на какую высоту должна подниматься при этомъ струя фонтана. Обозначивъ разности уровней соотвѣтственно черезъ d_1, d_2 и d_3, имѣемъ для высоты струи выраженіе:

$$(d_1 \times 1) + (d_2 \times 13^1/_2) - (d_3 \times 1).$$

Сдѣлавъ преобразованія и принявъ во вниманіе, что $d_3 - d_1 = d_2$, получаемъ для высоты фонтана величину $12^1/_2\, d_2$, т. е. разстояніе между уровнями ртути въ сосудахъ, увеличенное въ $12^1/_2$ разъ. Треніе въ трубкахъ нѣсколько уменьшаетъ эту теоретическую высоту. Но во всякомъ случаѣ, она разъ въ десять больше той, какая достигается безъ ртути. Въ обыкновенномъ фонтанѣ Герона понадобилось бы раздвинуть сосуды на цѣлую сажень и болѣе, чтобы получить струю, бьющую вверхъ на сажень. Въ видоизмѣненномъ же, какъ описано, фонтанѣ для достиженія того же эффекта достаточно поднять одну банку всего на 4 вершка выше другой. При этомъ высота чашки *a* надъ нижними сосудами (какъ видно изъ приведеннаго расчета) не имѣетъ никакого вліянія на высоту струи.

Какъ будто простая задача.

Самоваръ, вмѣщающій 30 стакановъ, полонъ воды. Вы подставляете стаканъ подъ его кранъ и, съ часами въ рукахъ, слѣдите по секундной стрѣлкѣ, во сколько времени онъ наполняется до краевъ. Оказывается: ровно въ полминуты. Теперь я задаю вамъ вопросъ: во сколько времени опорожнится весь самоваръ, если оставить кранъ открытымъ?

Казалось бы, здѣсь простая ариѳметическая задача: одинъ стаканъ вытекаетъ въ $^1/_2$ минуты, — значитъ, 30 стакановъ выльется въ 15 минутъ.

*

Но сдѣлайте опытъ. Окажется, что самоваръ, опоражнивается не въ четверть часа, какъ вы ожидали, а въ полчаса!

Въ чемъ же дѣло? Вѣдь расчетъ такъ простъ!

Простъ, — но не вѣренъ. Нельзя думать, что *скорость истеченія* съ начала до конца остается одна и та же. Когда первый стаканъ вытекъ изъ самовара, струя течетъ уже подъ меньшимъ давленіемъ, и потому медленнѣе; понятно, что второй стаканъ наполнится въ большій срокъ, чѣмъ полминуты; третій вытечетъ еще лѣнивѣе, и т. д.

Скорость истеченія всякой жидкости изъ отверстія въ открытомъ сосудѣ зависитъ отъ высоты столба жидкости, стоящаго надъ отверстіемъ. Торичелли, ученикъ Галилея, первый указалъ на эту зависимость и выразилъ ее формулой:

$$v = \sqrt{2gh}$$

гдѣ v—скорость истеченія, g—ускореніе тяжести, а h—высота уровня жидкости надъ отверстіемъ.

Если послѣ истеченія изъ самовара 20 стакановъ уровень воды въ немъ (считая до отверстія крана) понизился въ *четыре* раза, то 21-й стаканъ наполнится *вдвое* медленнѣе, чѣмъ 1-й. И если въ дальнѣйшемъ уровень воды понизится въ 9 разъ, то для наполненія послѣднихъ стакановъ понадобится уже *втрое* больше времени, чѣмъ для наполненія перваго. Всѣ знаютъ, какъ медленно и вяло вытекаетъ вода изъ крана самовара, который уже почти опорожненъ.

На основаніи этого закона можно доказать, что время, нужное на полное опорожненіе сосуда, въ два раза больше, чѣмъ то время, въ теченіе котораго вылился бы такой же объемъ жидкости при неизмѣнномъ первоначальномъ уровнѣ.

Удивительный сосудъ.

Вы легко можете устроить сосудъ, изъ котораго вода вытекала бы все время равномѣрной струей, несмотря на то, что уровень жидкости въ немъ понижается. Такой сосудъ изображенъ на черт. 56. Это обыкновенная банка съ узкимъ горломъ, черезъ пробку которой вдвинута стеклянная трубка. Если вы откроете кранъ С ниже конца трубки, то жидкость будетъ

литься изъ него неослабѣвающей струей до тѣхъ поръ, пока уровень воды не опустится въ сосудѣ до нижняго конца трубки. Вдвинувъ трубку почти вплотную ко дну, вы можете заставить всю жидкость изъ сосуда вытечь равномѣрной, хотя и очень слабой струей.

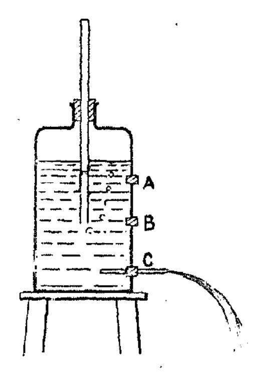
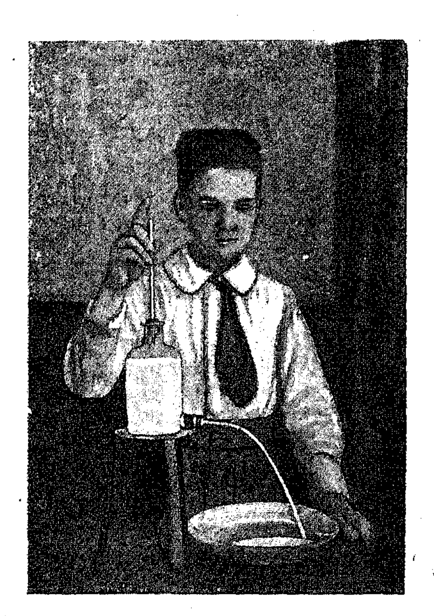
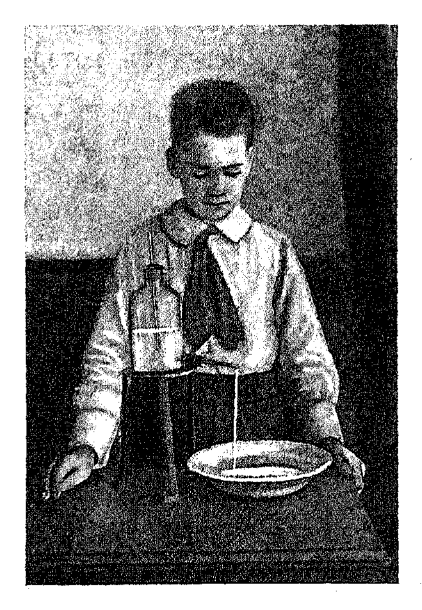


Рис. 56. Устройство сосуда Маріотта.

Отчего это происходитъ? Слѣдите внимательно за тѣмъ, что совершается въ сосудѣ при открытіи крана *C*. Прежде всего вода изъ стеклянной трубки выльется; уровень жидкости внутри нея опустится до конца трубки. При дальнѣйшемъ вытеканіи воды будетъ опускаться уже уровень воды въ сосудѣ; черезъ стеклянную трубку будетъ входить наружный воздухъ; онъ протиснется пузырьками черезъ воду и соберется надъ ней въ верхней части сосуда. Теперь на всемъ уровнѣ *B* давленіе равно атмосферному. Значитъ, вода изъ крана *C* вытекаетъ лишь подъ давленіемъ


Рис. 57. При выдвинутой трубкѣ струя течетъ сначала быстро, потомъ постепенно ослабѣваетъ.


Рис. 58. При глубоко вдвинутой трубкѣ вода течетъ, хотя и слабой, но неизмѣнной струей.

слоя воды *BC*, потому что давленіе атмосферы изнутри и снаружи сосуда уравновѣшивается. А такъ какъ толщина слоя *BC* остается постоянной, то и неудивительно, что струя все время течетъ съ одинаковой скоростью.

Попробуйте же теперь отвѣтить на вопросъ: какъ быстро будетъ вытекать вода, если вынуть пробочку В на уровнѣ конца трубки?

Оказывается, что она вовсе не будетъ вытекать (разумѣется, если отверстіе не слишкомъ велико). Въ самомъ дѣлѣ: здѣсь изнутри и снаружи давленіе одинаково—равно атмосферному—и ничто не побуждаетъ воду вытекать.

А если бы вы вынули пробочку А выше нижняго конца трубки, то не только вода не вытекала бы изъ сосуда, но въ него бы еще втекалъ наружный воздухъ, — такъ какъ внутри этой части сосуда давленіе меньше атмосфернаго.

Этотъ сосудъ съ столь необычайными свойствами былъ придуманъ знаменитымъ физикомъ Маріоттомъ и названъ по имени этого ученаго «сосудомъ Маріотта».

Человѣкъ, который ничего не вѣсилъ.

Быть легкимъ, какъ пухъ, быть легче воздуха, чтобы свободно летать высоко надъ землей, куда угодно — вотъ мечта, которая съ дѣтства кажется намъ заманчивой. Но обыкновенно забываютъ при этомъ одно обстоятельство: вѣдь люди могутъ свободно двигаться на землѣ только потому, что они *тяжелѣе воздуха*. Въ сущности, мы живемъ на днѣ воздушнаго океана, и если бы почему-либо мы сдѣлались вдругъ въ 1000 разъ легче (т. е. стали бы легче, чѣмъ воздухъ), то неизбѣжно должны были бы всплыть на поверхность этого океана. Мы поднялись бы вверхъ, быть можетъ, на нѣсколько верстъ, пока не достигли бы области, гдѣ удѣльный вѣсъ воздуха равенъ вѣсу нашего тѣла. Всѣ мечты о свободномъ витаніи надъ горами и долинами разсыпались бы прахомъ: освободившись отъ оковъ тяжести, мы стали бы плѣнниками другой силы—атмосфернаго давленія.

Писатель Уэльсъ въ одномъ изъ своихъ юмористическихъ разсказовъ въ весьма наглядной формѣ показываетъ, какія неудобства ожидали бы насъ при такой перемѣнѣ.

Одинъ очень полный господинъ желалъ во что бы то ни стало избавиться отъ своей полноты. А у разсказчика будто бы какъ разъ имѣлся рецептъ, полученный отъ какого-то индусскаго чародѣя: рецептъ этотъ обладалъ способностью облегчать тучныхъ людей отъ ихъ чрезмѣрнаго вѣса. Толстякъ выпросилъ у автора чудодѣйственный рецептъ, принялъ лѣкарство, — и вотъ какого рода неожиданные сюрпризы поразили разсказчика, когда, придя навѣстить своего знакомца, онъ постучалъ у его дверей.

Дверь долго не открывалась. Я слышалъ, какъ повернулся ключъ, затѣмъ голосъ Пайкрафта (такъ звали толстяка) произнесъ:

— Войдите.

Я повернулъ ручку и открылъ дверь. Естественно, я ожидалъ увидѣть Пайкрафта.

И знаете ли: его не было! Кабинетъ былъ въ безпорядкѣ: тарелки и блюда стояли между книгами и письменными принадлежностями, нѣсколько стульевъ были опрокинуты, но Пайкрафта не было...

— Я здѣсь, старина! Закройте дверь,—сказалъ онъ, и тогда я нашелъ его.

Онъ находился у самаго карниза, въ углу, у двери, точно кто-нибудь приклеилъ его къ потолку. Лицо у него было сердитое и выражало страхъ.

Я заперъ дверь, сталъ поодаль отъ Пайкрафта и смотрѣлъ на него.

— Если что-нибудь подастся, то вы, Пайкрафтъ, упадете и сломите себѣ шею,—сказалъ я.

— Я радъ былъ бы этому,—замѣтилъ онъ.

— Человѣку вашихъ лѣтъ и вѣса предаваться такой гимнастикѣ... Однако, какъ вы тамъ, чортъ возьми, держитесь?—спросилъ я.

И вдругъ я увидѣлъ, что онъ вовсе не держится, а плаваетъ тамъ наверху, какъ плавалъ бы надутый газомъ пузырь.

Онъ сдѣлалъ усиліе, чтобы оторваться отъ потолка и сползти вдоль стѣны ко мнѣ. Онъ ухватился за рамку гравюры, она подалась, и онъ снова полетѣлъ къ потолку, между



Рис. 59. „Человѣкъ, который ничего не вѣсилъ“.
...Онъ плавалъ наверху, какъ пузырь...

тѣмъ, какъ картина свалилась на диванъ. Пайкрафтъ хлопнулся о потолокъ, и тогда я догадался, почему всѣ выдающіяся части и углы его тѣла запачканы мѣломъ. Онъ снова, съ большею осторожностью, попробовалъ спуститься при помощи камина.

— Это лѣкарство, — запыхтѣлъ онъ,—было слишкомъ дѣйствительно. Потеря вѣса—почти абсолютная.

Тутъ я все понялъ.

— Господи, Пайкрафтъ! — сказалъ я. — Вѣдь вамъ нужно было леченіе отъ полноты, а вы всегда называли это вѣсомъ... Постойте, я вамъ помогу,—сказалъ я, взявъ его за руки и дергая внизъ.

Онъ заплясалъ по комнатѣ, стараясь твердо встать гдѣ-нибудь. Это было очень похоже на то, какъ если бы я въ вѣтренный день держалъ въ рукахъ парусъ.

— Столъ этотъ,—сказалъ онъ, — очень проченъ и тяжелъ. Если бы вамъ удалось засунуть меня подъ него...

Я это сдѣлалъ, и тамъ онъ шатался, какъ привязанный воздушный шаръ.

Вдругъ онъ разразился страстнымъ возгласомъ:

— Боже мой, что мнѣ дѣлать?!

— Одно очевидно,—сказалъ я,—именно то, чего вы не должны дѣлать. Если вы выйдете изъ дома, то будете подниматься все выше и выше...

Я подалъ ему мысль, что ему слѣдуетъ приноровиться къ своему новому положенію. Я намекнулъ, что ему не трудно будетъ научиться ходить по потолку на рукахъ.

— Я не могу спать,—пожаловался онъ.

Это не представляло большого затрудненія. Я указалъ ему, что вполнѣ возможно прикрѣпить къ кроватной сѣткѣ мягкій тюфякъ, привязать къ нему всѣ нижніе предметы тесьмами и застегивать на боку одѣяло и простыню.

Рис. 60. «Человѣкъ который ничего не вѣсилъ».
...Онъ хлопнулся о потолокъ...

Ему поставили въ комнату библіотечную лѣстницу, и всѣ кушанья ставились на библіотечный шкафъ. Мы напали также на остроумную выдумку, благодаря которой Пайкрафтъ могъ спускаться на полъ, когда желалъ: она просто заключалась въ томъ, что «Британская энциклопедія» была поставлена на верхнюю полку открытаго шкафа. Пайкрафтъ сейчасъ же вытащилъ пару томовъ и, держа ихъ въ рукахъ, спустился на полъ.

Я провелъ въ квартирѣ Пайкрафта цѣлыхъ два дня. Съ буравчикомъ въ рукахъ я соорудилъ всевозможныя остроумныя приспособленія для него: провелъ проволоку, чтобы онъ могъ достать звонки и т. д.

Я сидѣлъ возлѣ камина Пайкрафта и пилъ его водку, а онъ висѣлъ въ своемъ любимомъ углу, у карниза, прибивая турецкій коверъ къ потолку, когда мнѣ въ голову пришла мысль.

— Боже мой, Пайкрафтъ!—воскликнулъ я. — Все это совершенно излишне! Свинцовая подкладка подъ одеждою, и дѣло сдѣлано!

Пайкрафтъ чуть не расплакался отъ радости.

— Купите,—сказалъ я,—листового свинцу и нашейте его подъ свое платье. Носите сапоги со свинцовыми подошвами, держите въ рукахъ мѣшокъ изъ цѣльнаго свинца, и готово дѣло! Вы не будете уже тогда плѣнникомъ здѣсь, Пайкрафтъ; вы можете поѣхать за границу, можете путешествовать. Вамъ никогда не придется бояться кораблекрушенія. Стоитъ вамъ только сбросить съ себя нѣкоторыя части одежды или всю ее, взять въ руки багажъ, и вы всегда сможете полетѣть по воздуху!

Поклажа изъ воздуха.

Въ серединѣ XVII столѣтія жители города Магдебурга были свидѣтелями поразительнаго зрѣлища: 16 лошадей изъ всѣхъ силъ старались разнять два приложенныхъ другъ къ другу мѣдныхъ полушарія. Что связывало ихъ? Ничто, воздухъ. И тѣмъ не менѣе, восемь лошадей, тянувшихъ въ одну сторону, и восемь, тянувшихъ въ другую, оказались не въ силахъ ихъ разъединить. Такъ бургомистръ Отто фонъ-Герике наглядно доказалъ, что воздухъ—не «ничто», что онъ имѣетъ вѣсъ и давитъ съ значительною силою на всѣ земные предметы.

Описаніе знаменитаго опыта съ «магдебургскими полушаріями» имѣется во всѣхъ учебникахъ физики. И все же, мнѣ думается, читателю интересно будетъ узнать, какъ описанъ этотъ опытъ самимъ Герике. Книга съ описаніемъ цѣлаго ряда его опытовъ вышла на латинскомъ языкѣ въ Амстердамѣ въ 1672 году подъ длиннымъ заглавіемъ:

ОТТО фонъ-ГЕРИКЕ
такъ называемые новые Магдебургскіе опыты надъ
БЕЗВОЗДУШНЫМЪ ПРОСТРАНСТВОМЪ,
первоначально описанные профессоромъ математики въ Вюрцбургскомъ университетѣ **Каспаромъ Шоттомъ.**
Изданіе самого автора,
болѣе обстоятельное и пополненное различными новыми опытами.

Интересующему насъ опыту посвящена глава XXIII этой книги. Вотъ ея переводъ:

«Опытъ, доказывающій, что давленіе воздуха соединяетъ два полушарія такъ прочно, что ихъ нельзя разнять усиліями 16 лошадей».

«Я заказалъ два мѣдныхъ полушарія *a* и *b* (см. гравюру), діаметромъ въ $^3/_4$ магдебургскихъ локтя *). Но въ дѣйствительности діаметръ ихъ заключалъ всего $^{67}/_{100}$, такъ какъ мастера, по обыкновенію, не могли изготовить въ точности то, что требовалось. Оба полушарія вполнѣ отвѣчали одно другому. Къ одному полушарію былъ придѣланъ кранъ *H* (фиг. IV); помощью его можно удалить воздухъ изнутри и препятствовать проникновенію воздуха снаружи. Кромѣ того, къ полушаріямъ прикрѣплены были 4 кольца, черезъ которыя продѣвались канаты, привязанные къ упряжи лошадей. Я велѣлъ также сшить кожаное кольцо (*D*); оно напитано было смѣсью воска въ скипидарѣ; зажатое между полушаріями, оно не пропускало въ нихъ воздухъ. Въ кранъ вставлена была трубка воздушнаго насоса и былъ удаленъ воздухъ внутри шара. Тогда обнаружилось, съ какою силою оба полушарія придавливались другъ къ другу черезъ кожаное кольцо. Давленіе наружнаго воздуха сдавливало ихъ такъ крѣпко, что 16 лошадей совсѣмъ не могли ихъ разнять или достигали этого лишь съ трудомъ. Когда же полушарія, уступая напряженію всей силы лошадей, разъединялись, то раздавался грохотъ, какъ отъ ружейнаго выстрѣла.

«Но стоило поворотомъ крана открыть свободный доступъ воздуху—и оба полушарія не трудно были разнять руками».

Несложное вычисленіе можетъ объяснить намъ, почему нужна такая огромная сила (16 лошадей), чтобы разъединить части пустого шара. Воздухъ давитъ съ силою около 1 килогр. на каждый квадр. сантиметръ; площадь круга **) діаметромъ въ $^3/_4$ локтя (37 см.) равна 1060 кв. сант. Значитъ, давленіе атмо-

*) Магдебургскій локоть—550 миллиметровъ.

**) Берется площадь круга, а не поверхность полушарія потому, что атмосферное давленіе равно указанной величинѣ лишь при дѣйствіи на поверхность подъ прямымъ угломъ; для наклонныхъ поверхностей это давленіе меньше. Въ данномъ случаѣ мы беремъ *проекцію* сферической поверхности на плоскость,—т. е. площадь большого круга.

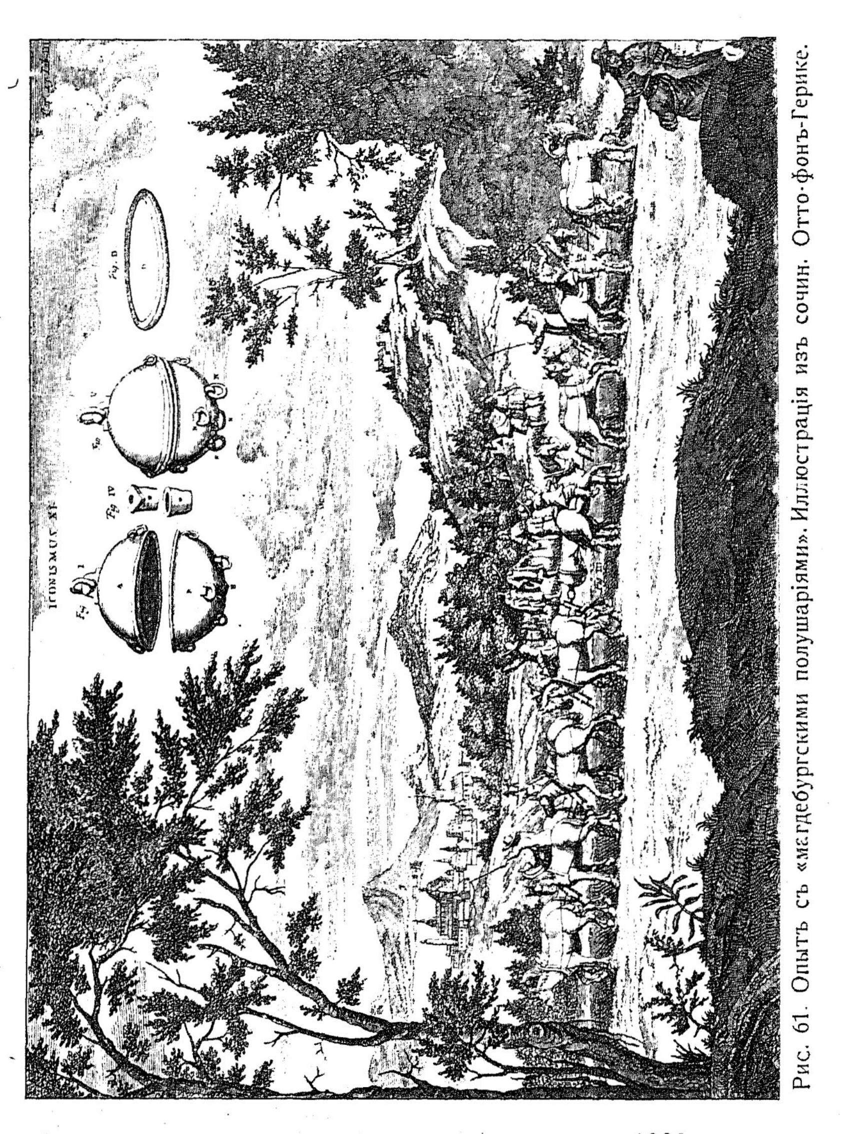


Рис. 61. Опытъ съ «магдебургскими полушаріями». Иллюстрація изъ сочин. Отто-фонъ-Герике.

сферы на каждое полушаріе должно превышать 1000 килограм. (60 пудовъ). Каждая восьмерка лошадей должна была, слѣдовательно, тянуть съ силою 60 пудовъ, чтобы противодѣйствовать давленію воздуха.

Казалось бы, для 8-ми лошадей это очень небольшой грузъ: вѣдь, 8 сильныхъ лошадей везутъ телѣгу, нагруженную

1000 пудами! Не забывайте, однако, что, двигая 1000-пудовую кладь, лошади преодолѣваютъ силу не въ 1000 пудовъ, но гораздо меньшую, именно—силу тренія колесъ о мостовую. А эта сила составляетъ всего 2—5 процентовъ, т. е. при 1000-пудовомъ грузѣ равна 20—50 пудамъ (въ зависимости отъ качества мостовой). Слѣдовательно, тяга въ 60 пудовъ соотвѣтствуетъ нагрузкѣ телѣги въ 1200—3000 пудовъ. Вотъ какова та воздушная поклажа, везти которую должны были лошади магдебургскаго бургомистра!

Измѣрено, что средняя ломовая лошадь тянетъ возъ съ усиліемъ всего въ 5 пудовъ (при скорости 4 версты въ часъ). Слѣдовательно, для разрыва магдебургскихъ полушарій понадобилось бы, при спокойной тягѣ, не 8, а 12 лошадей съ каждой стороны!

Читатель будетъ, вѣроятно изумленъ, узнавъ, что нѣкоторыя сочлененія нашего тѣла не распадаются по той же причинѣ,

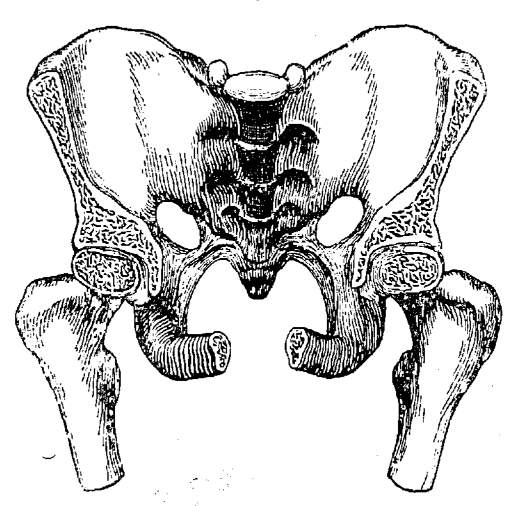


Рис. 62. Кости нашихъ тазобедренныхъ сочлененій не распадаются благодаря атмосферному давленію, подобно тому, какъ сдерживаются Магдебургскія полушарія.

что и магдебургскія полушарія. Наше тазобедерное сочлененіе представляетъ собой именно такія магдебургскія полушарія. Можно обнажить это сочлененіе отъ мускульныхъ и хрящевыхъ связей—и все-таки бедро не выпадетъ изъ сочлененія: его прижимаетъ атмосферное давленіе, такъ какъ въ межсуставномъ

пространствѣ воздуха нѣтъ. Наоборотъ, достаточно просверлить каналъ въ тазовой кости, открывъ доступъ воздуху внутрь сочлененія—и кость выпадаетъ, несмотря на то, что всѣ хрящи и мускулы въ цѣлости.

«Пустота» оказывается здѣсь, какъ видите, болѣе крѣпкою связью, нежели мускулы и хрящи.

Отчего притягиваются корабли?

Осенью 1912-го года съ океанскимъ пароходомъ Олимпикъ, однимъ изъ величайшихъ въ мірѣ судовъ, произошелъ странный случай. Олимпикъ плылъ въ открытомъ морѣ, а почти параллельно ему, на разстояніи 50 саженей, проходилъ съ довольно большой скоростью другой, гораздо меньшій пароходъ—Гаукъ. Когда оба судна заняли положеніе, изображенное на чертежѣ 63, произошло нѣчто неожиданное: меньшее судно стремительно свернуло съ своего пути, словно повинуясь какой-то невидимой силѣ, повернулось носомъ къ большому пароходу и, не слушаясь руля, двинулось почти прямо на него. Произошло столкновеніе. Гаукъ врѣзался носомъ въ бокъ Олимпика, ударъ былъ такъ силенъ, что Гаукъ продѣлалъ въ бортѣ Олимпика большую пробоину.

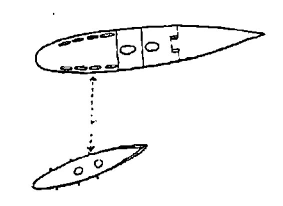


Рис. 63. Положеніе пароходовъ «Олимпикъ» и «Гаукъ» передъ столкновеніемъ.

Когда этотъ странный случай разсматривался въ морскомъ судѣ, виновной стороной былъ признанъ капитанъ гиганта Олимпика, «такъ какъ онъ—гласило постановленіе суда—не отдалъ никакихъ распоряженій уступить дорогу идущему наперерѣзъ Гауку».

Судъ не усмотрѣлъ здѣсь, слѣдовательно, ничего необычайнаго: простая нераспорядительность капитана, не больше. А между тѣмъ здѣсь имѣло мѣсто совершенно непредвидѣнное обстоятельство — случай взаимнаго притяженія судовъ на морѣ.

Такіе случаи не разъ случались, вѣроятно, и раньше при параллельномъ движеніи двухъ кораблей. Но пока не строили очень крупныхъ судовъ, явленіе это не выражалось съ такой силой. Лишь въ самые послѣдніе годы, когда воды океановъ стали

бороздить колоссальные морскіе Левіафаны, явленіе притяженія судовъ сдѣлалось гораздо замѣтнѣе.

Трагически погибшій гигантскій пароходъ Титаникъ незадолго до гибели также чуть не сдѣлался причиной катастрофы, вызванной этимъ загадочнымъ притяженіемъ. Въ гавани Соутгемптона стояли рядомъ Титаникъ и пароходъ Нью-Іоркъ. Когда Титаникъ двинулся въ путь, Нью-Іоркъ, стоявшій до тѣхъ поръ совершенно неподвижно, внезапно рванулся съ мѣста съ такой силой, что оборвалъ якорную цѣпь и двинулся прямо на Титаника. Столкновеніе было неизбѣжно и окончилось бы трагически для обоихъ судовъ, если бы не своевременная помощь буксирныхъ пароходовъ.

Многочисленныя аваріи мелкихъ судовъ, проплывавшихъ въ сосѣдствѣ съ большими пассажирскими и военными судами, происходили, вѣроятно, также вслѣдствіе «притяженія кораблей».

Но чѣмъ же объясняется это притяженіе? Конечно, здѣсь не можетъ быть и рѣчи о всемірномъ тяготѣніи по закону Ньютона. Причина совершенно иного рода и объясняется законами теченія жидкостей въ трубкахъ и каналахъ. Можно доказать, что если жидкость протекаетъ по каналу, имѣющему суженія и расши-

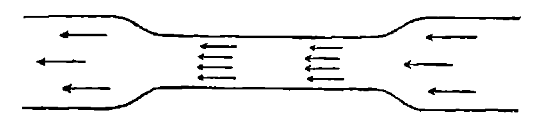


Рис. 64. Въ узкихъ частяхъ канала вода течетъ быстрѣе, но давитъ на стѣнки слабѣе, нежели въ широкихъ.

ренія, то въ узкихъ частяхъ канала она течетъ быстрѣе и давитъ на стѣнки канала слабѣе, нежели въ широкихъ мѣстахъ, гдѣ она протекаетъ спокойнѣе и давитъ на стѣнки сильнѣе (такъ наз. «правило Бернулли»).

Зная это, мы безъ труда поймемъ, въ чемъ кроется истинная причина притяженія судовъ. Когда въ морѣ два парохода плывутъ параллельно одинъ другому, между ихъ бортами получается какъ бы водяной каналъ. Въ обыкновенномъ каналѣ стѣнки неподвижны, а движется вода; здѣсь же, наоборотъ: вода неподвижна, а движутся стѣнки. Но дѣйствіе силъ отъ этого нисколько не мѣняется: въ узкихъ мѣстахъ подвижного канала вода слабѣе давитъ на стѣнки, нежели въ пространствѣ во-

кругъ пароходовъ. Другими словами: бока̀ пароходовъ, обращенные другъ къ другу, испытываютъ со стороны воды меньшее давленіе, нежели наружныя части судовъ. Что же должно произойти вслѣдствіе того? Понятно, суда должны, подъ напоромъ наружной воды, двинуться другъ къ другу, и естественно, что меньшее судно перемѣщается стремительнѣе, между тѣмъ какъ болѣе массивное остается почти неподвижнымъ. Вотъ почему притяженіе проявляется съ особенной силой, когда большой корабль быстро проносится мимо маленькаго.

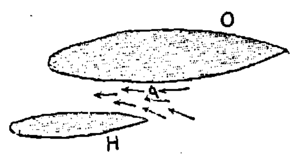


Рис. 65. Теченіе воды между двумя плывущими пароходами.

Путешествіе въ нѣдра земли.

Ни одинъ человѣкъ не опускался еще въ Землю глубже двухъ верстъ,—а между тѣмъ радіусъ земного шара равенъ 6000 верстъ. До центра Земли остается еще очень долгій путь. Тѣмъ не менѣе изобрѣтательный Жюль Вернъ, какъ вы, конечно, помните, заставилъ спуститься глубоко въ нѣдра земли своихъ героевъ—чудака-профессора Лиденброка и его племянника Акселя. Въ романѣ «Путешествіе къ центру Земли» онъ описалъ удивительныя приключенія этихъ подземныхъ путешественниковъ. Въ числѣ неожиданностей, встрѣченныхъ ими въ странствованіи подъ землей, было, между прочимъ, быстрое увеличеніе плотности воздуха. По мѣрѣ поднятія вверхъ воздухъ разрѣжается очень быстро: его плотность уменьшается въ геометрической прогрессіи, въ то время какъ высота поднятія растетъ въ ариѳметической прогрессіи. Напротивъ, при опусканіи внизъ, ниже обычнаго уровня, воздухъ, подъ давленіемъ лежащихъ надъ нимъ слоевъ, долженъ, по тому же закону, становиться все плотнѣе и плотнѣе. И подземные путешественники Жюля Верна, конечно, не могли не замѣтить этого.

Вотъ какой разговоръ происходилъ между дядей-ученымъ и его племянникомъ на глубинѣ 12 лье (48 километровъ) въ нѣдрахъ Земли:

«— Посмотри, что показываетъ манометръ?—спросилъ дядя.

«— Довольно сильное давленіе.

«— Превосходно. Теперь ты видишь, что, спускаясь мало-по-малу, мы постепенно привыкаемъ къ сгущенному воздуху и нисколько не страдаемъ отъ этого.

«— Если не считать боли въ ушахъ.

«— Это пустяки!

«— Хорошо,—отвѣчалъ я, рѣшивъ не противорѣчить дядѣ.— Находиться въ сгущенномъ воздухѣ даже пріятно. Вы замѣтили, какъ громко раздаются въ немъ звуки?

«— Замѣтилъ. Въ этой атмосферѣ даже глухой могъ бы слышать.

«— Но воздухъ будетъ пріобрѣтать все бóльшую плотность?

«— Да. Зато вѣсъ будетъ уменьшаться по мѣрѣ того, какъ мы будемъ спускаться. На поверхности земли вѣсъ значительно больше, чѣмъ здѣсь, а въ центрѣ земного шара предметы вовсе не имѣютъ вѣса.

«— Знаю. Однако, скажите, не пріобрѣтаетъ ли воздухъ въ концѣ-концовъ плотности воды?

«— Конечно, подъ давленіемъ въ 770 атмосферъ.

«— А ниже?

«— Ниже сгущенность увеличится еще больше.

«— Какъ же мы станемъ тогда спускаться?

«— Набивъ карманы камнями.

«— Ну, дядя, у васъ всегда на все есть отвѣты!

«Я не сталъ болѣе вдаваться въ область догадокъ, потому что, пожалуй, опять придумалъ бы какое-нибудь новое препятствіе, которое разсердило бы дядю.

«Было, однако, очевидно, что подъ давленіемъ въ 1000 атмосферъ воздухъ можетъ перейти въ твердое состояніе, и тогда, предполагая даже, что мы могли бы это вынести, придется все же остановиться. Тутъ уже никакія умствованія не помогутъ».

Фантазія и математика.

Не желаетъ ли читатель провѣрить факты, о которыхъ говорится въ этомъ отрывкѣ? Намъ не придется спускаться для этого въ нѣдра Земли; для маленькой экскурсіи въ область физики вполнѣ достаточно запастись карандашомъ и бумагой.

Прежде всего постараемся опредѣлить, на какую глубину мы должны опуститься, чтобы давленіе атмосферы увеличилось на

$^1/_{1000}$ долю. Нормальное давленіе атмосферы равно вѣсу 760 миллиметроваго столба ртути. Если бы мы находились не въ воздушной, а въ ртутной средѣ, намъ надо было бы опуститься всего на $\frac{760}{1000}=0{,}76$ миллиметра, чтобы давленіе увеличилось на $^1/_{1000}$ долю. Въ воздухѣ же, конечно, мы должны опуститься для этого гораздо глубже, и именно во столько разъ, во сколько разъ воздухъ легче ртути—въ 10500 разъ. Значитъ, чтобы давленіе увеличилось на $^1/_{1000}$ долю нормальнаго, намъ придется опуститься не на 0,76 мм., какъ въ ртути, а на $0{,}76 \times 10500$, т. е. почти ровно на 8 метровъ. Спустившись еще на 8 метровъ, мы замѣтимъ, что это увеличенное давленіе возрастетъ еще на $^1/_{100}$ своей величины, и т. д. Получается такая таблица:

На уровнѣ земли атм. давленіе	= нормальн.	= 760 мм.	
На глубинѣ 8 метр. » »	= 1,001	нормальнаго	
» » 2×8 » » »	$=(1{,}001)^2$	»	
» » 3×8 » » »	$=(1{,}001)^3$	»	
» » 4×8 » » »	$=(1{,}001)^4$	»	

И вообще на глубинѣ $n \times 8$ метровъ давленіе атмосферы больше нормальнаго въ $(1{,}001)^n$ разъ. Во столько же разъ увеличится и плотность воздуха.

Теперь, мы уже легко можемъ вычислить, какъ велико было то «довольно сильное давленіе», которое подземные путешественники Жюля Верна испытывали на глубинѣ 48 километровъ (48.000 метровъ). Въ нашей формулѣ n равняется $\frac{48000}{8}=6000$. Остается вычислить $1{,}001^{6000}$. Умножать 1,001 само на себя 6000 разъ—занятіе довольно скучное; оно поглотитъ у насъ, вѣроятно, не менѣе года времени. Но мы можемъ обратиться къ помощи логариѳмовъ, о которыхъ справедливо сказалъ одинъ астрономъ, что они, сокращая трудъ, удлиняютъ жизнь вычислителей. Логариѳмируя, имѣемъ:

логариѳмъ неизвѣстнаго $= 6000 \times \lg 1{,}001 = 6000 \times 0{,}0004 = 2{,}4$.

По логариѳму 2,4 находимъ искомое число; оно = 251.

Значитъ, на глубинѣ 48 километровъ давленіе атмосферы будетъ въ 251 разъ сильнѣе нормальнаго, и во столько же разъ

8

воздухъ будетъ плотнѣе. Сомнительно поэтому, чтобы наши подземные путники нисколько не страдали, испытывая только «боль въ ушахъ»...

По той же формулѣ нетрудно вычислить, на какой глубинѣ воздухъ становится такъ же плотенъ, какъ и вода: это будетъ при давленіи въ 770 атмосферъ, потому что воздухъ именно во столько разъ легче воды. Чтобы найти глубину, гдѣ давленіе достигнетъ такой величины, надо рѣшить задачу, обратную той, которую мы рѣшили раньше, т. е. рѣшить уравненіе

$$770 = 1{,}001^{y}.$$

Неизвѣстное число y въ этомъ уравненіи означаетъ, сколько разъ по 8 метровъ заключаетъ та глубина, гдѣ давленіе атмосферы въ 770 разъ больше нормальнаго. Рѣшивъ уравненіе (при помощи, конечно, логариѳмовъ), получаемъ: $y = 7000$; слѣдовательно, глубина $= 8$ метровъ $\times$ $7000 = 56$ километровъ. А такъ какъ въ моментъ разговора наши подземные путешественники находились на глубинѣ 48 километровъ, то имъ оставалось еще спуститься всего на 8 километровъ, чтобы достигнуть района, гдѣ воздухъ по плотности равенъ водѣ.

Наконецъ, если вы хотите узнать, на какой глубинѣ давленіе достигнетъ 1000 атмосферъ, та же формула дастъ вамъ отвѣтъ: 60 верстъ. Напрасно, однако, Аксель надѣялся, что воздухъ перейдетъ здѣсь въ твердое состояніе. Не только при давленіи въ тысячу атмосферъ, но даже и при милліонѣ атмосферъ нельзя превратить воздухъ въ твердое состояніе, если не охладить его въ достаточной степени—именно ниже такъ наз. «критической температуры». Для кислорода и азота критическая температура лежитъ очень низко—около минусъ 200°, и при температурѣ выше этой никакимъ давленіемъ нельзя превратить воздухъ въ твердое или хотя бы даже въ жидкое состояніе. Подъ давленіемъ въ 1000 атмосферъ воздухъ, при обыкновенной температурѣ, становится раза въ $1^1/_2$ плотнѣе воды,—но не превращается въ жидкость. Вязкость его увеличивается, двигаться въ такомъ плотномъ воздухѣ будетъ очень трудно,—но все-таки это не жидкость. И ни при какомъ давленіи, какъ бы сильно оно ни было, газъ не можетъ превратиться въ жидкое или въ твердое тѣло, если его не охладятъ ниже «критической точки».

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

Теплота.

Легенда о сапогѣ въ банѣ.

«Отчего зимою день короткій и ночь длинная, а лѣтомъ наоборотъ? День зимою оттого короткій, что, подобно всѣмъ прочимъ предметамъ, видимымъ и невидимымъ, отъ холода сжимается, а ночь отъ возженія свѣтильниковъ и фонарей расширяется, ибо согрѣвается».

Это курьезное разсужденіе «Войска Донского отставного урядника» изъ юмористическаго разсказа Чехова вызываетъ улыбку у всякаго своею явною несообразностью. Однако, тѣ же люди, которые смѣются надъ подобными «учеными» разсужденіями, нерѣдко сами создаютъ теоріи, ничуть не менѣе смѣхотворныя. Кому не приходилось слышать или читать о сапогѣ въ банѣ, который не влѣзаетъ на разгоряченную ногу потому будто бы, что «нога при нагрѣваніи увеличилась въ объемѣ?» Этотъ знаменитый примѣръ сдѣлался чуть не классическимъ,— а между тѣмъ трудно придумать бóльшую нелѣпость, чѣмъ подобное объясненіе.

Прежде всего, надо твердо помнить, что температура человѣческаго тѣла въ банѣ нисколько не повышается: наивно думать, будто у всѣхъ въ банѣ повышенная температура! Человѣческій организмъ успѣшно борется съ тепловыми вліяніями окружающей среды и поддерживаетъ собственную температуру на строго опредѣленной точкѣ.

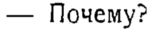
Но если бы даже температура тѣла и поднялась на нѣсколько градусовъ (не больше 5-ти, конечно, ибо при 42° уже наступаетъ смерть), то вызванное этимъ увеличеніе объема

было бы такое ничтожное, какого нельзя замѣтить при надѣваніи сапогъ. Коэффиціентъ расширенія твердыхъ и мягкихъ частей человѣческаго тѣла не превосходитъ нѣсколькихъ десятитысячныхъ. Слѣдовательно, ширина ступни и толщина голени могли бы увеличиваться всего на какую-нибудь сотую долю сантиметра, если бы нога въ банѣ дѣйствительно стала теплѣе на нѣсколько градусовъ. Неужели же сапоги шьются съ точностью до 0,01 сантиметра?!

Право, Чеховъ смѣло могъ бы приписать это объясненіе своему доморощенному философу! Конечно, фактъ остается фактомъ: сапоги трудно надѣвать послѣ бани. Это такъ же вѣрно, какъ и то, что зимою дни короче, чѣмъ лѣтомъ. Но причина вовсе не въ тепловомъ расширеніи, а въ приливѣ крови, въ разбуханіи наружнаго покрова, во влажной поверхности кожи и т. п. явленіяхъ, мало относящихся къ физикѣ.

Барометръ или термометръ?

— Баринъ, сегодня нельзя вамъ ванны брать,—неожиданно объявляетъ лакей, хотя ванна вполнѣ готова.



— Почему?

— Опасно. Сунулъ я въ ванну барометръ, а онъ показалъ бурю! Нельзя.

Со стыдомъ долженъ сознаться, что я самъ однажды очутился въ положеніи этого анекдотическаго лакея: купилъ термометръ, воображая, что покупаю недорогой барометръ.

Приборъ, купленный мной, продается подъ именемъ «водяного барометра». Это—закрытый сосудъ, до половины налитый водою, надъ которой находится воздухъ. Отъ нижней части сосуда ведетъ трубка, изгибающаяся вверхъ и имѣющая открытый конецъ. На трубкѣ наклеена бумажка съ дѣленіями и надписями: «сухо», «ясно», «перемѣнно», «дождь», «буря» и т. п.

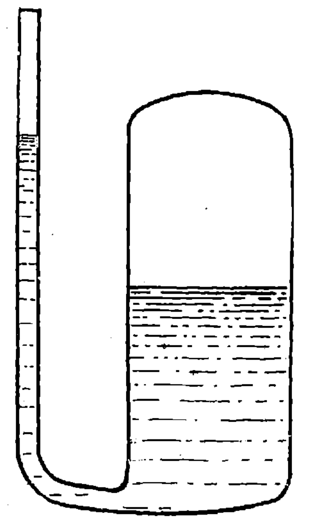


Рис. 66. Будто бы водяной барометръ.

Уровень воды въ такой трубкѣ показываетъ будто бы давленіе атмосферы и ожидаемое состояніе погоды. Приборъ охотно покупается публикой, и большинство покупателей дѣйствительно убѣждено, что оно пріобрѣтаетъ барометръ, чувствительный къ малѣйшимъ измѣненіямъ воздушнаго давленія.

Между тѣмъ, это вовсе не водяной барометръ, а **воздушный термометръ!** Вода въ узкой трубкѣ поднимается совсѣмъ не вслѣдствіе пониженія атмосфернаго давленія, а вслѣдствіе нагрѣванія воздуха надъ водой въ широкомъ сосудѣ. Стремясь расшириться при нагрѣваніи, воздухъ давитъ на воду и, разумѣется, поднимаетъ уровень воды въ трубкѣ. Къ температурнымъ измѣненіямъ этотъ приборъ въ десятки разъ чувствительнѣе, чѣмъ къ перемѣнамъ давленія воздуха.

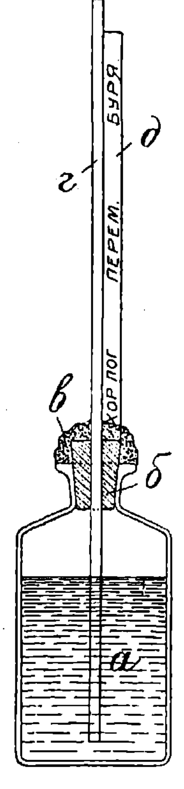


Рис. 67. Самодѣльный водяной термоскопъ, неправильно принимаемый за барометръ.

а — стеклянная трубка, *б*—пробка, *в*—сургучъ, *д*—полоска бумаги съ надписями.

Вы можете и сами устроить такой мнимый барометръ изъ обыкновенной бутылки и стеклянной трубки. Бутылку (бѣлаго стекла) наполняютъ до половины водой и вставляютъ въ горлышко стеклянную трубку такъ, чтобы нижній конецъ ея почти доходилъ до дна, а верхній далеко выступалъ надъ горлышкомъ. Края горлышка вокругъ трубы заливаютъ сургучомъ,—и «барометръ» готовъ къ употребленію: уровень воды въ трубкѣ будетъ постоянно колебаться въ связи съ перемѣной погоды. Если угодно, вы можете пользоваться этимъ самодѣльнымъ приборомъ, — но знайте, что, справляясь по нему о давленіи атмосферы, вы не слишкомъ далеки будете отъ того анекдотическаго лакея, надъ которымъ сами только что смѣялись.

Первый термометръ въ мірѣ, изобрѣтенный Галилеемъ, устроенъ былъ именно такимъ образомъ, какъ нашъ мнимый барометръ; въ немъ, вмѣсто ртути, расширялся воздухъ. Подобные термометры тѣмъ неудобны, что положеніе уровня воды въ трубкѣ зависитъ не отъ одной лишь температуры, а отчасти и отъ атмосфернаго давленія. Но, ко-

нечно, къ температурнымъ измѣненіямъ приборъ этотъ гораздо чувствительнѣе, и Галилей былъ вполнѣ правъ, разсматривая его какъ термометръ (вѣрнѣе, термоскопъ). Первый настоящій барометръ изобрѣтенъ ученикомъ Галилея, Торичелли.

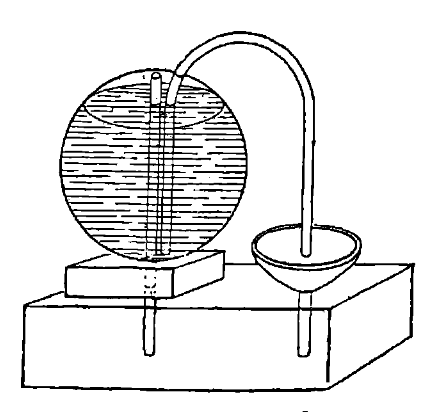


Рис. 68. Термоскопъ Герона.

Приборъ въ родѣ того же мнимаго барометра описывается еще у Герона Александрійскаго (см. рис. 68). Когда солнечные лучи нагрѣваютъ шаръ, воздухъ въ верхней его части, расширяясь, давитъ на воду и выталкиваетъ ее по трубкѣ наружу; тогда вода начинаетъ капать изъ конца трубки въ воронку. Въ холодную погоду упругость воздуха въ шарѣ уменьшается, и вода изъ нижняго ящика устремляется по трубкѣ въ шаръ.

Египетскія чудеса.

Вотъ еще два любопытныхъ прибора, описываемые Герономъ. Ихъ дѣйствіе основано также на расширеніи воздуха отъ нагрѣванія. На рис. 69 вы видите пустотѣлый металлическій жертвенникъ, а подъ нимъ — скрытый въ подземельи храма механизмъ, приводящій въ движеніе двери. Когда на жертвенникѣ разводятъ огонь, воздухъ внутри жертвенника, расширяясь отъ нагрѣванія, давитъ на воду въ котлѣ, скрытомъ подъ поломъ; изъ котла вода переходитъ по трубкѣ въ сосѣдній сосудъ и приводитъ здѣсь въ дѣйствіе ме-

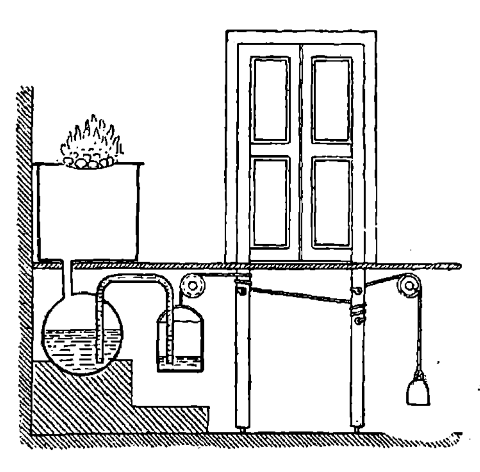


Рис. 69. «Чудо» египетскихъ жрецовъ: двери храма сами растворяются, едва на жертвенникѣ запылаетъ пламя. Разгадка «чуда» кроется подъ поломъ храма.

ханизмъ, вращающій двери. Изумленные зрители, ничего не подозрѣвающіе о скрытой подъ поломъ установкѣ, видятъ передъ собой чудо: какъ только на жертвенникѣ запылаетъ огонь, двери храма растворяются словно сами собою...

Другое мнимое чудо египетскихъ жрецовъ изображено на рис. 70. Когда на жертвенникѣ запылаетъ пламя, воздухъ выдавитъ масло изъ нижняго резервуара въ трубки, скрытыя внутри фигуръ жрецовъ:—и тогда масло чудеснымъ образомъ само подливается въ огонь... Но стоитъ жрецу, завѣдывающему этимъ жертвенникомъ, незамѣтно вынуть пробку изъ крышки резервуара, чтобы прекратить изліяніе масла (потому что избытокъ воздуха будетъ выходить черезъ отверстіе): это практиковалось, вѣроятно, тогда, когда приношеніе молящихся было на взглядъ жреца слишкомъ мизерно.

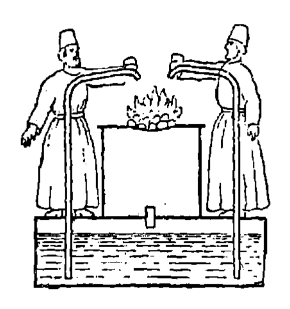


Рис. 70. Стоитъ зажечь жертвенный огонь — и фигурки жрецовъ сами будутъ непрерывно подливать масло изъ резервуара, скрытаго подъ жертвенникомъ.

Часы, которыхъ не надо заводить.

Такого рода часы были изобрѣтены нѣсколько лѣтъ тому назадъ и представляютъ собою чрезвычайно любопытный механизмъ. Съ перваго взгляда кажется, что видишь предъ собой удачную попытку создать пресловутый «вѣчный двигатель», надъ которымъ тщетно ломали себѣ голову многія поколѣнія неудачниковъ-изобрѣтателей. Однако, описываемые часы имѣютъ съ «вѣчными двигателями» только внѣшнее сходство. Они не творятъ энергіи «изъ ничего», а имѣютъ внѣшній источникъ силы, — правда, довольно своеобразный.

Механизмъ самозаводящихся часовъ изображенъ на прилагаемомъ чертежѣ. Главная часть его—стержни Z_1 и Z_2, сдѣланные изъ металла съ большимъ коэффиціентомъ расширенія. Стержень Z_1 упирается въ зубцы колеса X, такъ что при удлиненіи этого стержня отъ нагрѣванія зубчатое колесо немного поворачивается. Стержень Z_2 зацѣпляетъ за зубцы колеса $У$ при укороченіи отъ холода и поворачиваетъ его въ томъ же направленіи. Оба колеса насажены на валъ W_1, при

вращенiи котораго вращается большое колесо съ черпаками. Черпаки захватываетъ ртуть, налитую въ нижнiй жолобъ; отсюда ртуть течетъ по жолобу внизъ къ лѣвому колесу, также снабженному черпаками; наполняя послѣднiе, ртуть заставляетъ это колесо вращаться; при этомъ приходитъ въ движенiе цѣпь *KK*, охватывающая колесо K_1, (на общемъ валѣ W_2 съ большимъ колесомъ) и K_2; послѣднее колесо закручиваетъ заводную пру-

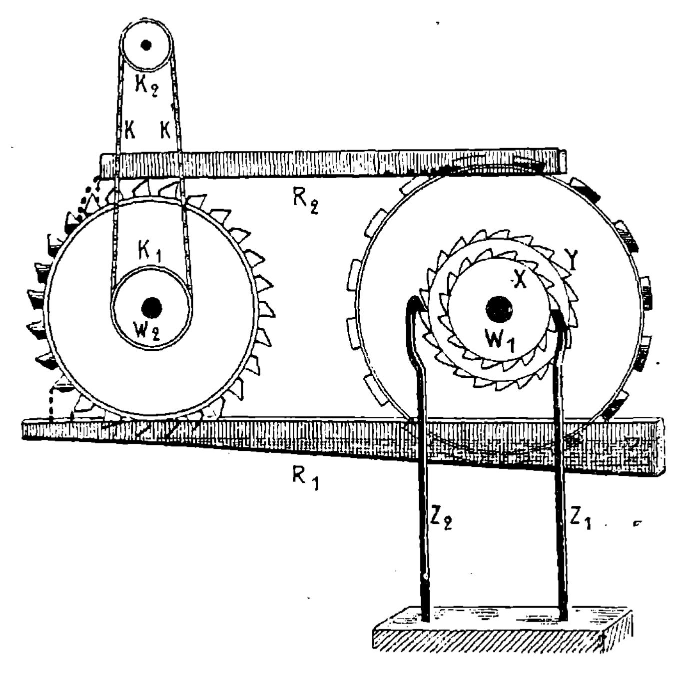


Рис. 71. Механизмъ часовъ, которые заводятся сами собой.

жину часовъ. Что же дѣлается съ ртутью, вылившеюся изъ черпаковъ лѣваго колеса? Она стекаетъ по наклонному желобу R_1 снова къ правому колесу, чтобы отсюда опять начать свое перемѣщенiе.

Механизмъ, какъ видимъ, долженъ двигаться самъ собой, не останавливаясь, до тѣхъ поръ, пока будутъ удлиняться или укорачиваться стержни Z_1 и Z_2. Слѣдовательно, для того, чтобы часы заводились, необходимо только, чтобы температура воздуха попеременно то повышалась, то понижалась. Но это именно и происходитъ само собой, не требуя заботъ съ нашей сто-

роны: всякая перемѣна въ температурѣ окружающаго воздуха, вызываетъ удлиненіе или укороченіе стержней, вслѣдствіе чего все время медленно закручивается пружина часовъ.

Можно ли назвать эти часы «вѣчнымъ двигателемъ», въ томъ смыслѣ, какъ это обыкновенно понимаютъ? Конечно, нѣтъ. Правда, часы будутъ итти неопредѣленно долго, пока не износится ихъ механизмъ, — но источникомъ ихъ энергіи служитъ теплота окружающаго воздуха; работа теплового расширенія накопляется этими часами по маленькимъ порціямъ, чтобы непрерывно расходовать ее на движеніе часовыхъ стрѣлокъ. Это не вѣчный,—а «даровой» двигатель, такъ какъ не требуетъ заботъ и расходовъ на поддержаніе свой работы. Первоисточникомъ его энергіи является конечно, теплота Солнца, согрѣвающаго Землю.

Физика на балу.

Когда дамы на балу обмахиваются вѣерами, имъ, конечно, становится прохладнѣе. Казалось бы, что занятіе это вполнѣ невинное, и что кавалеры могутъ быть только признательны дамамъ за охлажденіе воздуха въ залѣ.

Но посмотримъ, такъ ли это. Почему при обмахиваніи вѣеромъ мы ощущаемъ прохладу? Воздухъ, непосредственно прилегающій къ нашему лицу, нагрѣвается, и эта теплая воздушная маска, невидимо одѣвающая наше лицо, «грѣетъ» его, т. е. замедляетъ дальнѣйшую потерю тепла. Если воздухъ вокругъ насъ неподвиженъ, то нагрѣвшійся близъ лица слой воздуха лишь весьма медленно поднимается вверхъ (какъ болѣе легкій) и такъ же медленно смѣняется ненагрѣтымъ воздухомъ. Когда же мы вѣеромъ смахиваемъ съ лица теплую воздушную маску, то лицо соприкасается все съ новыми и новыми порціями ненагрѣтаго воздуха и непрерывно отдаетъ ему свою теплоту. Вотъ почему мы при этомъ ощущаемъ прохладу.

Итакъ, при обмахиваніи вѣеромъ, дамы непрерывно удаляютъ отъ своего лица нагрѣтый воздухъ и замѣняютъ его ненагрѣтымъ; нагрѣвшись, этотъ воздухъ удаляется въ свою очередь и замѣняется новой порціей ненагрѣтаго, и т. д. Другими словами: работа вѣеровъ способствуетъ скорѣйшему нагрѣванію воздуха во всей залѣ.

Значитъ, съ точки зрѣнія физики, слѣдовало бы протестовать противъ дамскихъ вѣеровъ, такъ какъ, доставляя временное облегченіе обладательницамъ вѣера, они увеличиваютъ общую духоту въ бальной залѣ.

Грѣетъ ли вуаль?

Вотъ еще одна задача изъ физики обыденной жизни. Дамы утверждаютъ, что вуаль грѣетъ и что безъ вуали лицо зябнетъ. При взглядѣ на легкую ткань вуали нерѣдко съ довольно крупными ячейками, мужчины не очень склонны вѣрить этому утвержденію и думаютъ, что согрѣвающее дѣйствіе вуали—одно «воображеніе».

Однако, если вспомните сказанное выше, вы отнесетесь къ этому утвержденію болѣе довѣрчиво. Какъ бы крупны ни были ячейки вуали, воздухъ проходитъ черезъ такую ткань все же съ нѣкоторымъ замедленіемъ. Тотъ слой воздуха, который непосредственно прилегаетъ къ лицу и, нагрѣвшись, является какъ бы теплой воздушной маской,—этотъ слой при наличности вуали не такъ быстро сдувается вѣтромъ, какъ при отсутствіи ея. Поэтому нѣтъ основанія не вѣрить дамамъ, что при небольшомъ морозѣ и слабомъ вѣтрѣ лицо во время ходьбы меньше зябнетъ въ вуали, чѣмъ безъ нея.

Отчего при вѣтрѣ холоднѣе?

Всякій знаетъ, что въ тихую погоду морозъ переносится нами гораздо легче, чѣмъ при вѣтрѣ. Но не всѣ отчетливо представляютъ себѣ причину этого явленія. Холодъ при вѣтрѣ—явленіе субъективное: онъ ощущается лишь живыми существами; термометръ, напримѣръ, не опускается ниже, когда его обдуваетъ вѣтеръ. Ощущеніе рѣзкаго холода въ вѣтряную морозную погоду объясняется прежде всего тѣмъ, что отъ нашего лица (и вобще отъ тѣла) отнимается при этомъ гораздо больше тепла, нежели въ тихую погоду, когда воздухъ, нагрѣтый тѣломъ, не такъ быстро смѣняется новой порціей холоднаго воздуха. Чѣмъ вѣтеръ сильнѣе, тѣмъ бóльшая масса воздуха успѣваетъ въ теченіе каждой минуты притти въ соприкосновеніе съ

нашей кожей, и, слѣдовательно, тѣмъ большее количество тепла ежеминутно отнимается отъ нашего тѣла. Этого одного уже было бы достаточно, чтобы вызвать ощущенiе холода.

Но есть и еще причина. Кожа наша всегда испаряетъ влагу даже въ холодномъ воздухѣ. Для испаренiя требуется теплота, которая отнимается отъ нашего тѣла и того слоя воздуха, который къ тѣлу прилегаетъ. Если воздухъ неподвиженъ, испаренiе совершается медленно, такъ какъ прилегающiй къ кожѣ слой воздуха скоро насыщается парами (въ насыщенномъ воздухѣ не происходитъ испаренiя). Но если воздухъ движется и къ кожѣ притекаютъ все новыя и новыя его порцiи, то испаренiе все время поддерживается очень обильное,—а это требуетъ большого расхода теплоты, заимствуемой у тѣла.

Такъ физика объясняетъ тотъ простой житейскiй фактъ, что на вѣтрѣ всегда холоднѣе, чѣмъ въ тихую погоду.

Горячее дыханiе пустыни.

«Значитъ, и въ знойной мѣстности вѣтеръ долженъ приносить прохладу,—скажетъ, пожалуй, читатель.—Почему же путешественники говорятъ о горячемъ дыханiи пустыни?»

Кажущееся противорѣчiе объясняется тѣмъ, что въ тропическомъ климатѣ воздухъ бываетъ теплѣе, чѣмъ наше тѣло. Неудивительно, что тамъ при вѣтрѣ людямъ становится не прохладнѣе, а жарче. Тамъ теплота передается уже не отъ тѣла воздуху, а обратно—воздухъ нагрѣваетъ человѣческое тѣло. Поэтому, чѣмъ бóльшая масса воздуха успѣетъ въ теченiе минуты притти въ соприкосновенiе съ тѣломъ, тѣмъ сильнѣе ощущенiе жара. Правда, испаренiе и здѣсь усиливается при вѣтрѣ,—но первая причина перевѣшиваетъ.

Охлаждающiе кувшины.

Если вамъ не случалось самимъ видѣть такихъ кувшиновъ, то, вѣроятно, вы слыхали или читали о нихъ. Эти сосуды изъ необожженной глины обладаютъ тою любопытною особенностью, что налитая въ нихъ вода становится прохладнѣе, чѣмъ

окружающіе предметы. Кувшины эти въ большомъ распространеніи у южныхъ народовъ и носятъ различныя названія: въ Испаніи—«алкарасса», въ Египтѣ—«гоулахъ» и т. д.

Секретъ охлаждающаго дѣйствія этихъ кувшиновъ очень простъ: жидкость просачивается черезъ толщу глиняныхъ стѣнокъ наружу и здѣсь медленно испаряется, отнимая при этомъ теплоту («скрытую теплоту испаренія») отъ сосуда и заключенной въ ней жидкости.

Ошибочно думать, однако, что жидкость въ такихъ сосудахъ охлаждается до очень низкой температуры—какъ нерѣдко приходится читать въ описаніяхъ путешествій по южнымъ странамъ. Степень охлажденія не можетъ быть велика. Зависитъ она отъ разныхъ условій. Чѣмъ знойнѣе воздухъ, тѣмъ скорѣе и обильнѣе испаряется жидкость, увлажняющая сосудъ снаружи, и, слѣдовательно, тѣмъ болѣе охлаждается вода внутри кувшина. Зависитъ охлажденіе и отъ влажности окружающаго воздуха: если въ немъ много влаги, испареніе происходитъ медленно, и вода охлаждается незначительно; въ сухомъ воздухѣ, напротивъ, происходитъ энергичное испареніе, вызывающее болѣе замѣтное охлажденіе. Вѣтеръ также ускоряетъ испареніе и тѣмъ способствуетъ охлажденію: это всѣ хорошо знаютъ по тому непріятному ощущенію холода, которое случается испытывать въ мокромъ платьѣ даже въ теплый, но вѣтренный день. Въ общемъ пониженіе температуры въ охлаждающихъ кувшинахъ, какъ показали наблюденія, не превышаетъ 5 градусовъ Цельсія. Въ знойный южный день, когда термометръ показываетъ подчасъ 33°, вода въ охлаждающемъ кувшинѣ имѣетъ температуру горячей ванны, 28°. Охлажденіе, какъ видимъ, практически безполезное. Но зато кувшинъ хорошо сохраняетъ холодную воду; для этой цѣли ихъ преимущественно и употребляютъ.

Мы можемъ попытаться вычислить степень охлажденія воды въ «алькарассахъ». Пусть у насъ имѣется кувшинъ, вмѣщающій 5 литровъ (т. е. приблизительно 5 бутылокъ) воды; допустимъ, что пятидесятая доля этой воды испарилась. Для испаренія 1 литра воды (1 килограмма) требуется при температурѣ знойнаго дня (33°) около 580 калорій тепла. У насъ испарилось $^1/_{10}$ килограмма; слѣдовательно, понадобилось 58 калорій. Если бы вся эта теплота заимствовалась только отъ той

воды, которая находится въ кувшинѣ, то температура послѣдней понизилась бы на $^{58}/_{5}$, т. е. почти на 12 градусовъ. Но, конечно, это не такъ: бóльшая часть тепла, потребнаго для испаренія, отнимается отъ стѣнокъ самаго кувшина и отъ окружающаго его воздуха; съ другой стороны, рядомъ съ охлажденіемъ воды въ кувшинѣ все время происходитъ и нагрѣваніе ея теплымъ воздухомъ, прилегающимъ къ кувшину. Поэтому охлажденіе едва достигаетъ и половины полученной нами цыфры.

Другое дѣло, если сосудъ съ самаго начала наполненъ былъ холодной водой, добытой, напримѣръ, изъ подземнаго ключа: тогда нагрѣваніе происходитъ крайне медленно, и вода долго сохраняетъ свою низкую температуру.

Трудно сказать, когда кувшинъ охлаждается больше,—на солнцѣ или въ тѣни. На солнцѣ ускоряется испареніе, но вмѣстѣ съ тѣмъ усиливается и притокъ тепла. Всего выгоднѣе, вѣроятно, держать охлаждающіе кувшины въ тѣни на слабомъ вѣтрѣ.

Какую жару мы способны переносить?

Человѣкъ гораздо выносливѣе по отношенію къ жарѣ, чѣмъ обыкновенно думаютъ: онъ способенъ переносить въ южныхъ странахъ температуру почти вдвое выше той, которую мы, въ нашемъ умѣренномъ поясѣ, считаемъ едва переносимой. Лѣтомъ въ Средней Австраліи довольно обычна температура 46 градусовъ въ тѣни и 60 на солнцѣ; тамъ наблюдались даже температуры въ 55 градусовъ въ тѣни и 67 на солнцѣ (по Цельсію). При переѣздѣ черезъ Красное море и Персидскій заливъ термометръ на корабляхъ очень часто показываетъ 50—60 градусовъ, несмотря даже на непрерывную вентиляцію.

Два англійскихъ ученыхъ производили опыты для опредѣленія высшей температуры, какую можетъ выдержать человѣческій организмъ. Они запирали другъ друга въ особо устроенную печь и постепенно поднимали въ ней температуру. Оказалось, что при весьма постепенномъ нагрѣваніи печи ихъ организмъ могъ въ сухомъ воздухѣ выдержать почти температуру кипѣнія (100 градусовъ), а иногда даже еще болѣе высокую!

Такая выносливость объясняется возрастающимъ выдѣленіемъ пота: испареніе пота поглощаетъ значительное количество

тепла изъ того слоя воздуха, который непосредственно прилегаетъ къ кожѣ, и тѣмъ въ достаточной мѣрѣ понижаетъ его температуру. Единственное необходимое условіе состоитъ въ томъ, чтобы тѣло не соприкасалось непосредственно съ источникомъ тепла.

Задача о ледяныхъ сосулькахъ.

Задумывались ли вы надъ тѣмъ, какъ образуются ледяныя сосульки, которыя мы такъ часто видимъ свѣшивающимися съ крышъ?

Вы скажете, что здѣсь не надъ чѣмъ и задумываться: сосульки—это, очевидно, вода, стекавшая съ крышъ и замерзшая въ такомъ видѣ.

Прекрасно, но въ какую погоду онѣ образовались—въ оттепель или въ морозъ?

Если въ оттепель, то какъ же могла замерзнуть вода при температурѣ выше нуля?

Если въ морозъ, то откуда же могла взяться вода, стекающая съ крыши?

Задача не такъ проста, какъ казалось вамъ сначала. Чтобы могли образоваться ледяныя сосульки, нужно въ одно и то же время имѣть двѣ температуры: для таянія — выше нуля, и для замерзанія—ниже нуля.

Получается какъ будто абсурдъ — а между тѣмъ такъ на самомъ дѣлѣ и есть: снѣгъ на склонѣ крыши таетъ, потому что солнечные лучи нагрѣваютъ его выше нуля, а подъ застрѣхой стекающія капли воды замерзаютъ, потому что здѣсь температура ниже нуля.

Представьте себѣ такую картину. Стоитъ ясный день; морозъ всего только въ 1—2 градуса. Солнце свѣтитъ ярко, но все же его косые лучи не нагрѣваютъ земли настолько, чтобы снѣгъ могъ таять; температура воздуха, какъ мы сказали, немного *ниже* нуля. Но на склонѣ крыши, обращенномъ къ солнцу, нагрѣваніе идетъ болѣе успѣшно: солнечные лучи падаютъ на крышу не такъ косо, какъ на землю, а подъ угломъ болѣе близкимъ къ прямому. Но извѣстно, что освѣщеніе и нагрѣваніе лучей тѣмъ больше, чѣмъ бóльшій уголъ составляютъ лучи съ плоскостью паденія. (Дѣйствіе лучей

пропорціонально синусу этого угла; для случая, изображеннаго на рис. 72-мъ, снѣгъ на крышѣ получаетъ тепла на 40% больше, нежели равная площадь снѣга на горизонтальной поверхности, ибо синусъ 90° въ 1,4 раза больше синуса 45°). Вотъ почему снѣгъ на скатѣ крыши нагрѣвается сильнѣе и начинаетъ таять. Оттаявшая вода стекаетъ внизъ, скопляется у застрѣхъ, каплями свисаетъ съ края крыши. Но здѣсь, подъ крышей, темпе-

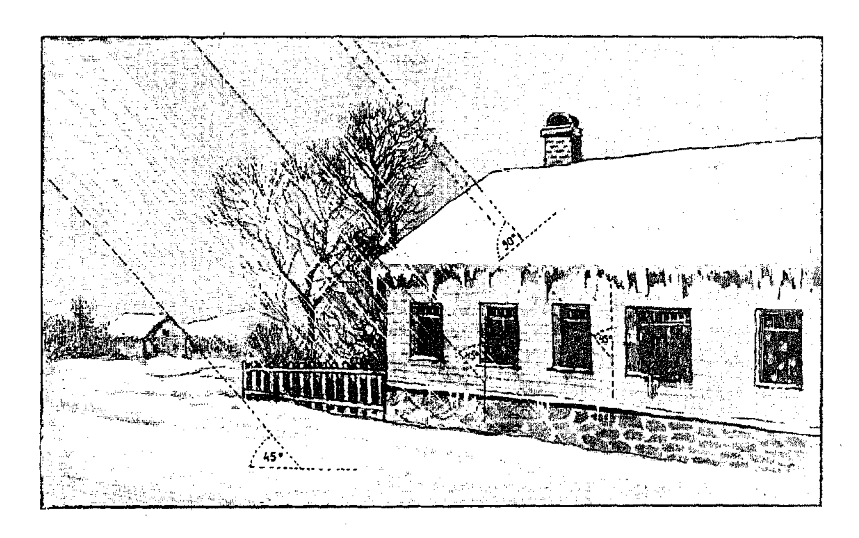


Рис. 72. Одна изъ загадокъ зимняго сезона.

Въ слабый морозъ, при *солнечномъ сіяніи*, съ крышъ каплетъ вода, между тѣмъ какъ на землѣ снѣгъ не таетъ. Разгадка кроется въ томъ, что лучи падаютъ на наклонную крышу подъ угломъ, близкимъ къ прямому, между тѣмъ какъ на землю (и стѣны) они падаютъ подъ острымъ угломъ (напримѣръ, въ 45°).

ратура *ниже* нуля—и капля замерзаетъ. На замерзшую каплю натекаетъ слѣдующая, также замерзающая; затѣмъ третья капля и т. д.; постепенно образуется маленькій ледяной бугорокъ. Въ слѣдующій разъ, при такой же погодѣ, эти ледяные наплывы еще вырастутъ,—пока не образуются длинныя и толстыя сосульки.

Итакъ, вотъ о чемъ говорятъ намъ ледяныя сосульки: онѣ доказываютъ, что въ одно и то же время могутъ существовать какъ бы двѣ погоды: морозъ — подъ крышей, и оттепель — на скатѣ крыши. Причина—различное нагрѣвательное дѣйствіе солнечныхъ лучей въ зависимости отъ угла паденія. Та же самая

причина вызываетъ на нашихъ глазахъ и болѣе грандіозныя явленія: вспомните, что все различіе въ климатическихъ поясахъ и временахъ года обусловлено, въ сущности, ничѣмъ инымъ, какъ измѣненіемъ угла паденія солнечныхъ лучей. Солнце одинаково далеко отъ насъ зимой и лѣтомъ; оно всегда одинаково удалено отъ полюсовъ и экватора (различіе въ разстояніи настолько ничтожно, что не можетъ здѣсь имѣть значенія). Но наклонъ солнечныхъ лучей къ поверхности земли близъ экватора меньше, чѣмъ у полюсовъ; и лѣтомъ этотъ уголъ больше, чѣмъ зимой. Этого достаточно, чтобы вызвать столь важныя различія въ температурѣ и въ жизни всей природы.

Выражаясь фигурально, мы могли бы сказать, что на скатѣ освѣщенной солнцемъ крыши — тропики, а подъ застрѣхой — полярная область; снѣгъ таетъ въ «тропикахъ» и замерзаетъ, попавъ въ «полярную область».

Для чего служитъ ламповое стекло?

Мы и не подозрѣваемъ, какой долгій путь прошло наше обыкновенное ламповое стекло, прежде чѣмъ дошло до его современнаго вида. Въ теченіе длиннаго ряда тысячелѣтій люди пользовались пламенемъ для освѣщенія, не прибѣгая къ услугамъ стекла. Понадобился геній Леонардо да-Винчи, чтобы сдѣлать это важное усовершенствованіе лампы. Но Леонардо окружилъ пламя не стеклянной, а жестяной трубой, и прошло еще почти три вѣка, прежде чѣмъ додумались до замѣны жестяной трубы прозрачнымъ стекляннымъ цилиндромъ. Какъ видите, ламповое стекло—довольно солидное изобрѣтеніе, надъ которымъ работали цѣлыя поколѣнія.

Каково же назначеніе ламповаго стекла?

Едва ли у всѣхъ готовъ правильный отвѣтъ на столь простой и естественный вопросъ. Защищать пламя отъ вѣтра—это лишь второстепенная роль стекла. Главное же дѣйствіе его въ увеличеніи *яркости* пламени, въ ускореніи процесса горѣнія. Роль стекла та же, что и печной трубы: оно усиливаетъ притокъ воздуха къ пламени, усиливаетъ «тягу».

Разберемся въ этомъ поближе. Столбъ воздуха, находящійся внутри стекла, нагрѣвается гораздо быстрѣе, нежели воз-

духъ, окружающій лампу. Нагрѣвшись и сдѣлавшись поэтому легче, воздухъ поднимается вверхъ, а на мѣсто его поступаетъ снизу, черезъ отверстія въ горѣлкѣ, ненагрѣтый тяжелый воздухъ. Такимъ образомъ устанавливается постоянное теченіе воздуха снизу вверхъ, теченіе, непрерывно отводящее продукты горѣнія и приносящее свѣжій воздухъ. Чѣмъ выше стекло, тѣмъ больше разница въ вѣсѣ нагрѣтаго и ненагрѣтаго столба воздуха — тѣмъ энергичнѣе происходитъ притокъ свѣжаго воздуха, а слѣдовательно, ускоряется и горѣніе.

Высокія фабричныя трубы играютъ ту же роль, что и ламповыя стекла: благодаря имъ, къ топкѣ машины въ теченіе минуты притекаетъ гораздо больше свѣжаго воздуха, нежели при низкихъ трубахъ.

Отчего пламя не гаснетъ само собой?

Если вдуматься хорошенько въ процессъ горѣнія, то невольно возникаетъ вопросъ: отчего всякое пламя не гаснетъ само собой? Въ самомъ дѣлѣ: продуктами горѣнія являются, какъ извѣстно, углекислый газъ и водяной паръ—вещества *не горючія* и не способныя поддерживать горѣнія. Слѣдовательно, пламя съ перваго же момента горѣнія должно быть окружено негорючими веществами, которыя мѣшаютъ притоку воздуха; безъ воздуха горѣніе продолжаться не можетъ, и пламя должно погаснуть.

Почему же этого не происходитъ? Почему горѣніе длится непрерывно, пока есть запасъ горючаго вещества? Только потому, что газы, расширяясь отъ нагрѣванія, *становятся легче.* Лишь благодаря этому, нагрѣтые продукты горѣнія не остаются на мѣстѣ своего образованія, въ непосредственномъ сосѣдствѣ съ пламенемъ, но немедленно же поднимаются вверхъ, замѣняясь чистымъ воздухомъ. Если бы законъ Архимеда не распространялся на газы, или если бы не было тяжести — всякое пламя, прогорѣвши немного, гасло бы само собой.

Весьма легко убѣдиться въ томъ, какъ губительно дѣйствуютъ на пламя продукты его горѣнія. Я увѣренъ, что вы, сами того не подозрѣвая, нерѣдко пользуетесь этимъ, чтобы загасить огонь въ лампѣ. Вспомните, какъ вы задуваете кероси-

новую лампу: вы дуете въ нее *сверху*. Вы гоните внизъ, къ пламени, негорючіе продукты его горѣнія, — и оно гаснетъ, лишенное свободнаго доступа воздуха.

Недостающая глава въ романѣ Жюля Верна.

Жюль Вернъ подробно повѣдалъ намъ о томъ, какъ проводили время трое смѣльчаковъ внутри ядра, мчащагося на Луну. Но онъ не разсказалъ о томъ, какъ Мишель Арданъ исполнялъ обязанности повара въ этой необычайной обстановкѣ. Вѣроятно, авторъ романа полагалъ, что стряпня внутри летящаго ядра не представляетъ ничего такого, что заслуживало бы описанія. Но онъ ошибся: дѣло въ томъ, что внутри летящаго ядра всѣ предметы *становятся невѣсомыми*. Жюль Вернъ упустилъ это изъ виду. А согласитесь, что стряпня въ невѣсомой кухнѣ—сюжетъ, вполнѣ достойный пера романиста, и надо только пожалѣть, что талантливый авторъ «Путешествія на Луну» не удѣлилъ ему своего вниманія. Попытаюсь, какъ умѣю, восполнить эту недостающую главу въ романѣ, чтобы дать читателю нѣкоторое представленіе о томъ, насколько эффектно могла бы вылиться она изъ-подъ пера самого Жюля Верна.

При чтеніи этой главы читатель долженъ все время не упускать изъ виду, что внутри ядра—какъ уже сказано—*нѣтъ тяжести*: всѣ предметы въ немъ *невѣсомы* *).

Завтракъ въ невѣсомой кухнѣ.

— Друзья мои, вѣдь мы еще не завтракали, — заявилъ Мишель Арданъ своимъ спутникамъ по межпланетному путешествію.—Изъ того, что мы потеряли свой вѣсъ въ этомъ пушечномъ ядрѣ, не слѣдуетъ вовсе, что мы потеряли и аппетитъ. Я берусь устроить вамъ, друзья мои, невѣсомый завтракъ, который, безъ сомнѣнія, будетъ состоять изъ самыхъ «легкихъ» блюдъ, когда-либо существовавшихъ на свѣтѣ!

---

*) Подробное доказательство приведено въ первой книгѣ «Занимательной физики».

И не дожидаясь отвѣта товарищей, французъ принялся за стряпню. Завтракъ рѣшено было начать съ бульона изъ распущенныхъ въ теплой водѣ таблетокъ Либиха.

— Наша бутыль съ водой притворяется пустой,—ворчалъ про себя Арданъ, возясь съ раскупоркой большой бутыли.—Не проведешь меня: я вѣдь знаю, отчего ты такая легкая... Такъ, пробка вынута. Извольте же, драгоцѣннѣйшая, излить въ кастрюлю свое невѣсомое содержимое!

Но сколько ни наклонялъ онъ бутылки, оттуда не выливалось ни капли.

— Не трудись, милый Арданъ, — явился ему на выручку Николь.—Пойми, что въ нашемъ ядрѣ, гдѣ нѣтъ тяжести, вода не можетъ *литься*. Ты долженъ ее *вытолкать* изъ бутылки, какъ если бы это былъ густой, тягучій сиропъ.

Не долго думая, Арданъ ударилъ ладонью по дну опрокинутой бутылки. Тотчасъ же у горлышка раздулся совершенно круглый водяной шаръ, величиной съ кулакъ.

— Что это стало съ нашей водой?—изумился Арданъ.— Вотъ, признаюсь, совсѣмъ излишній сюрпризъ! Объясните же, ученые друзья мои, что тутъ произошло?

— Это капля, милый Арданъ, простая водяная капля. Въ мірѣ безъ тяжести капли могутъ быть какъ угодно велики... Вспомни, что вѣдь только подъ вліяніемъ тяжести жидкости принимаютъ форму сосудовъ, льются въ видѣ струй и т. д. Здѣсь же тяжести нѣтъ, жидкость предоставлена своимъ внутреннимъ молекулярнымъ силамъ и должна принять форму шара, какъ масло въ знаменитомъ опытѣ Плато.

— Мнѣ нѣтъ никакого дѣла до этого Плато съ его опытами! Я долженъ вскипятить воду для бульона, и, клянусь, никакія молекулярныя силы не остановятъ меня! — запальчиво воскликнулъ французъ.

Онъ яростно принялся «выколачивать» воду надъ парящей въ воздухѣ кастрюлей,—но, повидимому, все было въ заговорѣ противъ него. Большіе водяные шары, достигнувъ кастрюли, быстро расползались по ея дну. Этимъ дѣло не кончалось: вода съ внутреннихъ стѣнокъ переходила на наружныя, растекалась по нимъ—и вскорѣ вся кастрюля оказалась окутанной толстымъ водянымъ слоемъ. Кипятить воду въ такомъ видѣ не было никакой возможности.

*

— Вотъ любопытный опытъ, доказывающій, какъ велика сила сцѣпленія,—спокойно объяснялъ взбѣшенному Ардану невозмутимый Николь.—Ты не волнуйся: вѣдь это—обыкновенное смачиваніе жидкостями твердыхъ тѣлъ; только въ данномъ случаѣ тяжесть не мѣшаетъ развиться этому явленію съ полной силой.

— И очень жаль, что не мѣшаетъ,—возражалъ Арданъ.— Смачиваніе ли здѣсь, или что-либо другое, но мнѣ необходимо имѣть воду *внутри* кастрюли, а не *вокругъ* нея. Вотъ еще новости какія! Ни одинъ поваръ въ мірѣ не согласится варить бульонъ при подобныхъ условіяхъ!

— Ты легко можешь воспрепятствовать смачиванію, если оно такъ мѣшаетъ тебѣ,—успокоительно вставилъ м-ръ Барбикенъ. — Вспомни, что вода не смачиваетъ тѣлъ, покрытыхъ хотя бы самымъ тонкимъ слоемъ жира. Обмажь свою кастрюлю снаружи жиромъ, и ты удержишь воду внутри нея.

— Браво! Вотъ это я называю истинною ученостью,—обрадовался Арданъ, приводя совѣтъ въ исполненіе.

— Но долженъ предупредить тебя, — добавилъ Барбикенъ,—что если ты смажешь также и *внутреннюю* часть кастрюли, то вода приметъ въ кастрюлѣ форму большой капли. Боюсь, что въ такомъ видѣ тебѣ не удастся довести воду до кипѣнія: вспомни знаменитый опытъ съ водой въ сфероидальномъ состояніи, когда вода остается жидкой на до-красна раскаленной пластинкѣ.

Но Арданъ уже не слушалъ: онъ весь былъ поглощенъ нагрѣваніемъ воды на пламени газовой горѣлки.

Положительно все складывалось противъ желанія Ардана. Газовая горѣлка—и та закапризничала: погорѣвъ полминуты тусклымъ пламенемъ, она потухла по необъяснимой причинѣ.

Арданъ возился вокругъ горѣлки, терпѣливо нянчился съ пламенемъ,—но хлопоты не приводили ни къ чему: пламя отказывалось горѣть.

— Барбикенъ! Николь! Неужели же нѣтъ средствъ заставить это проклятое пламя горѣть такъ, какъ ему полагается по законамъ вашей физики и по уставамъ газовыхъ компаній?— взывалъ къ друзьямъ обезкураженный французъ.

— Но здѣсь нѣтъ ничего необычайнаго и ничего неожиданнаго,—объяснилъ Николь.—Это пламя горитъ именно такъ,

какъ полагается согласно физическимъ законамъ. А газовыя компаніи... я думаю, всѣ онѣ разорились бы, если бы не было тяжести. При горѣніи, какъ ты знаешь, образуются углекислота, водяной паръ—словомъ, негорючіе газы; обыкновенно эти продукты горѣнія не остаются возлѣ самаго пламени: какъ теплые и, слѣдовательно, болѣе легкіе, они поднимаются выше, а на мѣсто ихъ притекаетъ свѣжій воздухъ. Но здѣсь у насъ нѣтъ тяжести—поэтому продукты горѣнія остаются на мѣстѣ своего возникновенія, окружаютъ пламя слоемъ негорючихъ газовъ и преграждаютъ доступъ свѣжему воздуху. Оттого-то пламя здѣсь такъ тускло горитъ и такъ быстро гаснетъ. Вѣдь дѣйствіе огнетушителей на томъ и основано, что пламя окружается негорючимъ газомъ...

— Значитъ, по-твоему,—перебилъ французъ,—если бы на землѣ не было тяжести, то не надо было бы и пожарныхъ командъ: всякій пожаръ потухалъ бы самъ собой, такъ сказать, задыхался бы въ собственномъ дыханіи?

— Совершенно вѣрно. А пока, чтобы помочь горю, зажги еще разъ горѣлку и давай обдувать пламя. Намъ, я надѣюсь, удасться отогнать облекающіе его газы и заставить его горѣть «по-земному».

Такъ и сдѣлали. Арданъ снова зажегъ горѣлку и опять принялся за стряпню, не безъ злорадства слѣдя за тѣмъ, какъ Николь съ Барбикеномъ поочередно обдували и изо всѣхъ силъ обмахивали пламя, чтобы непрерывно удалять отъ него продукты горѣнія. Въ глубинѣ души французъ считалъ своихъ ученыхъ друзей и ихъ науку виновниками «всей этой кутерьмы».

— Вы, господа,— тараторилъ Арданъ,—въ нѣкоторомъ родѣ исполняете обязанности фабричной трубы, поддерживая тягу. Мнѣ очень жаль васъ, ученые друзья мои, но если мы хотимъ имѣть горячій завтракъ, придется подчиниться велѣніямъ законовъ вашей физики.

Однако, прошло четверть часа, полчаса, часъ,—а вода въ кастрюлѣ и не думала закипать.

— Неужели пламя вмѣстѣ съ вѣсомъ потеряло и свой жаръ?—удивлялся Арданъ.—Я, кажется, никогда не дождусь, чтобы вода закипѣла.

— Дождешься, милый Арданъ, мы съ Николемъ ручаемся за это. Но тебѣ придется вооружиться терпѣніемъ. Видишь ли,

обыкновенная, вѣсомая вода нагрѣвается быстро только потому, что въ ней происходитъ перемѣшиванiе слоевъ: нагрѣтые нижнiе слои, какъ болѣе легкiе, поднимаются вверхъ; вмѣсто нихъ опускаются холодные верхнiе—и въ результатѣ вся жидкость быстро принимаетъ высокую температуру. Случалось ли тебѣ когда-нибудь нагрѣвать воду не снизу, а сверху? Тогда перемѣшиванiя слоевъ не происходитъ, потому что верхнiе, нагрѣтые слои остаются на мѣстѣ. Теплопроводность же воды ничтожна, и верхнiе слои можно даже довести до кипѣнiя, въ то время какъ въ нижнихъ будутъ лежать куски нерастаявшаго льда. Въ нашемъ мiрѣ безъ тяжести безразлично, откуда ни нагрѣвать воду: круговорота въ кастрюлѣ возникать не можетъ, и вода должна нагрѣваться очень медленно...

Не легко было стряпать при такихъ условiяхъ. Арданъ былъ правъ, когда утверждалъ, что здѣсь спасовалъ бы самый искусный поваръ. Немало пришлось повозиться и при жаренiи бифштекса: надо было все время придерживать мясо вилкой, иначе упругiе пары масла, образующiеся подъ бифштексомъ, выталкивали его изъ кастрюли, и недожареное мясо летѣло «вверхъ»,— если только можно употребить это выраженiе тамъ, гдѣ не было ни «верха» ни «низа».

Странную картину представлялъ и самый обѣдъ въ этомъ мiрѣ, лишенномъ тяжести. Друзья висѣли въ воздухѣ въ весьма разнообразныхъ позахъ, не лишенныхъ, впрочемъ, живописности, и поминутно стукались головами другъ о друга. Сидѣть, конечно, не приходилось. Такiя вещи, какъ стулья, диваны, скамьи— совершенно безполезны въ мiрѣ, гдѣ нѣтъ тяжести. Въ сущности, и столъ былъ бы здѣсь вовсе не нуженъ, если бы не настойчивое желанiе Ардана завтракать непремѣнно «за столомъ».

Трудно было сварить бульонъ, но еще труднѣе оказалось съѣсть его. Начать съ того, что разлить невѣсомый бульонъ по чашкамъ никакъ не удавалось. Арданъ чуть не поплатился за такую попытку потерей трудовъ цѣлаго утра: забывъ, что бульонъ невѣсомъ, онъ съ досадой ударилъ по дну перевернутой кастрюли, чтобы изгнать изъ нея упрямый бульонъ. Въ результатѣ изъ кастрюли вылетѣла огромная шарообразная капля— бульонъ въ сферической формѣ. Ардану понадобилось все искусство жонглера, чтобы вновь поймать и удержать въ кастрюлѣ бульонъ, съ такимъ трудомъ свареный.

Попытка пользоваться ложками осталась безрезультатной: бульонъ смачивалъ всю ложку до самыхъ пальцевъ и висѣлъ на ней сплошной пеленой. Обмазали ложки жиромъ, чтобы предупредить смачиваніе, но и отъ этого дѣло не стало лучше: бульонъ превращался на ложкѣ въ шарикъ, и не было никакой возможности благополучно донести эту невѣсомую пилюлю до рта.

Въ концѣ концовъ, догадались сдѣлать трубки изъ восковой бумаги и съ помощью ихъ пили бульонъ, всасывая его въ ротъ. Такимъ же образомъ приходилось нашимъ друзьямъ пить воду, вино и вообще всякія жидкости въ этомъ своеобразномъ мірѣ, лишенномъ тяжести.

Какъ тушатъ огонь при помощи огня.

Вы слыхали, вѣроятно, что лучшее, а порою и единственное средство борьбы съ лѣснымъ или степнымъ пожаромъ это—поджиганіе лѣса или степи съ противоположной стороны. Новое пламя идетъ навстрѣчу бушующему морю огня и, уничтожая горючій матеріалъ, лишаетъ огонь пищи: встрѣтившись, обѣ огненныя стѣны мгновенно погасаютъ, словно пожравъ другъ друга.

Описаніе того, какъ пользуются этимъ пріемомъ тушенія огня при пожарѣ американскихъ степей, вы, конечно, читали у Купера въ его романѣ «Прерія». Можно ли забыть тотъ драматическій моментъ, когда старикъ-трапперъ спасъ отъ ужасной смерти путниковъ, застигнутыхъ въ степи пожаромъ? Вотъ это мѣсто изъ «Преріи»:

«Старикъ внезапно принялъ рѣшительный видъ.

— «Настало время дѣйствовать,—проговорилъ онъ.

— «Вы слишкомъ поздно пришли въ себя, жалкій старикъ!—крикнулъ Миддльтонъ.—Огонь въ разстояніи четверти мили отъ насъ, и вѣтеръ несетъ его къ намъ съ ужасающей быстротой!

— «Вотъ какъ! Огонь! Не очень-то я боюсь огня. Ну, молодцы, полно! Приложите-ка руки къ этой короткой, высохшей травѣ и обнажите землю.

«Въ очень короткое время было очищено мѣсто футовъ въ двадцать въ діаметрѣ. Трапперъ вывелъ женщинъ на одинъ край этого небольшого пространства, сказавъ, чтобы онѣ при-

крыли одѣялами свои платья, легко могущія воспламениться. Принявъ эти предосторожности, старикъ подошелъ къ противоположному краю, гдѣ трава еще окружала путниковъ высокимъ, опаснымъ кольцомъ, и, взявъ пригоршню самой сухой травы, положилъ ее на полку ружья и поджегъ. Легко воспламеняющееся вещество вспыхнуло сразу. Тогда старикъ бросилъ пылавшую траву въ высокую заросль и, отойдя къ центру круга, сталъ терпѣливо ожидать результата своего дѣла.

«Разрушительная стихія съ жадностью набросилась на новую пищу, и въ одно мгновеніе пламя стало лизать траву.

«— Ну,—сказалъ старикъ,—теперь вы увидите, какъ огонь быстро сразитъ огонь.

«— Но неужели это не опасно?—воскрикнулъ удивленный Миддльтонъ.—Не приближаете ли вы къ намъ врага, вмѣсто того, чтобъ отдалить его?

«Огонь, все увеличиваясь, началъ распространяться въ три стороны, замирая на четвертой, вслѣдствіе недостатка пищи По мѣрѣ того, какъ огонь увеличивался и бушевалъ все сильнѣе и сильнѣе, онъ очищалъ передъ собой все пространство, оставляя черную, дымящуюся почву гораздо болѣе обнаженной, чѣмъ если бы трава на этомъ мѣстѣ была скошена косой. Положеніе бѣглецовъ стало бы еще болѣе рискованнымъ, если бы очищенное ими мѣсто не увеличивалось по мѣрѣ того, какъ пламя окружало его съ остальныхъ сторонъ. Черезъ нѣсколько минутъ пламя стало отступать во всѣхъ направленіяхъ, оставляя людей окутанными облакомъ дыма, но въ полной безопасности отъ потока огня, продолжавшаго бѣшено нестись впередъ.

«Зрители смотрѣли на простое средство, употребленное траппером ъ, съ тѣмъ же изумленіемъ, съ какимъ, какъ говорятъ, царедворцы Фердинанда смотрѣли на способъ Колумба поставить яйцо».

Этотъ пріемъ тушенія степныхъ и лѣсныхъ пожаровъ не такъ, однако, простъ, какъ кажется. Пользоваться встрѣчнымъ огнемъ для тушенія пожара долженъ лишь человѣкъ очень опытный, иначе бѣдствіе можетъ только усилиться.

Вы поймете, какая сноровка нужна для этого, если зададите себѣ вопросъ: почему огонь, зажженный трапперомъ, побѣжалъ по направленію къ пожарищу, а не въ обратномъ направленіи?

Вѣдь вѣтеръ дулъ со стороны пожарища, гоня огонь прямо на путниковъ. Казалось бы, пожаръ, причиненный трапперомъ, долженъ былъ направиться не навстрѣчу огненному морю, а далѣе по степи. Если бы такъ случилось, путники оказались бы окруженными огненнымъ кольцомъ и неминуемо погибли бы.

Въ чемъ же секретъ траппера?

Въ знанiи простого физическаго закона. Вѣтеръ, дѣйствительно, дулъ по направленiю отъ горящей степи къ путникамъ,—

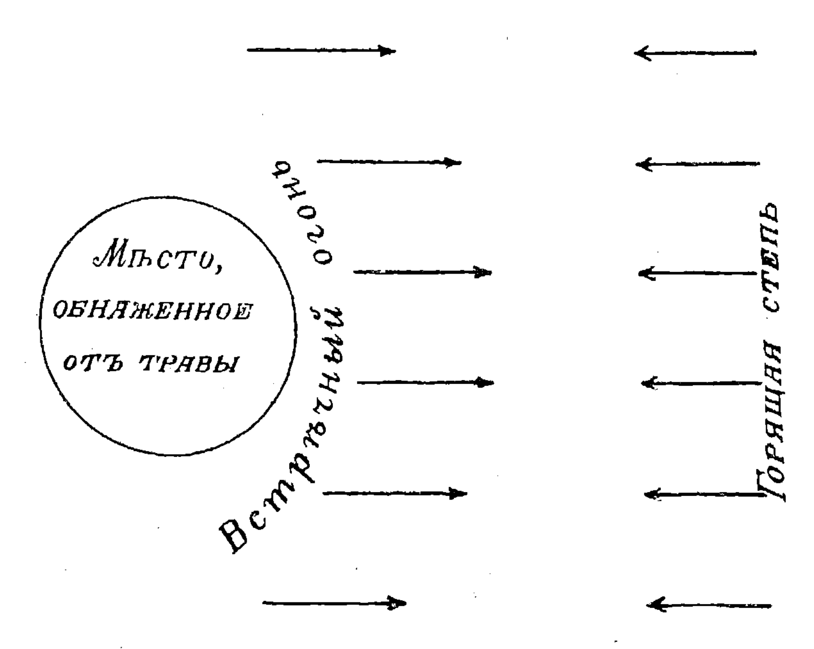


Рис. 73. Тушенiе степного пожара огнемъ.
(Къ роману Купера «Прерiя»).

но впереди, вблизи огня должно было существовать обратное теченiе воздуха, навстрѣчу пламени. Въ самомъ дѣлѣ: воздухъ, нагрѣваясь надъ моремъ огня, становится легче и поднимается вверхъ, а вмѣсто него притекаетъ со всѣхъ сторонъ свѣжiй, еще не нагрѣтый воздухъ со степи, не затронутой пламенемъ. Вблизи границы огня устанавливается поэтому тяга воздуха навстрѣчу пламени. Зажечь встрѣчный огонь необходимо именно въ тотъ моментъ, когда пожаръ приблизится достаточно, чтобы ощутилась тяга воздуха. Вотъ

почему трапперъ, житель прерій, не спѣшилъ приниматься за дѣло раньше времени, а спокойно ждалъ нужнаго момента. Стоило поджечь траву одной секундой ранѣе, когда еще не установилась встрѣчная тяга—и огонь распространился бы въ обратномъ направленіи, сдѣлавъ положеніе людей безвыходнымъ. Но и промедленіе могло быть для нихъ не менѣе роковымъ—огонь подошелъ бы черезчуръ близко.

Всегда ли кипятокъ горячъ?

Бравый ординарецъ Бенъ-Зуфъ,—съ которымъ читатель, безъ сомнѣнія, давно познакомился по роману Жюля Верна «Гекторъ Сервадакъ»,—былъ глубоко убѣжденъ, что кипятокъ всегда и всюду одинаково горячъ. Вѣроятно, онъ думалъ бы такъ всю жизнь, если бы случаю не угодно было забросить его, вмѣстѣ съ офицеромъ Сервадакомъ, на... комету! Это капризное свѣтило, столкнувшись съ Землей, отрѣзало отъ нашей планеты какъ разъ тотъ участокъ, гдѣ находились оба героя, и унесло его далѣе по своему эллиптическому пути. И вотъ тогда-то денщикъ впервые убѣдился на собственномъ опытѣ, что кипятокъ вовсе не всюду одинаково горячъ. Сдѣлалъ онъ это открытіе неожиданно, готовя завтракъ для своего барина.

«Бенъ-Зуфъ налилъ воды въ кастрюлю, поставилъ ее на плиту и ждалъ, когда закипитъ вода, чтобы опустить въ нее яйца, которыя казались ему пустыми, такъ они мало вѣсили.

«Менѣе чѣмъ черезъ двѣ минуты вода уже закипѣла.

«— Чортъ побери! Какъ огонь грѣетъ теперь!—воскликнулъ Бенъ-Зуфъ.

«— Не огонь грѣетъ сильнѣе,—отвѣтилъ, подумавъ, Сервадакъ,—а вода закипаетъ скорѣе.

«И, снявъ со стѣны термометръ Цельсія, онъ опустилъ его въ кипящую воду.

«Градусникъ показалъ только шестьдесятъ шесть градусовъ.

«— Ого!—воскликнулъ офицеръ.—Вода кипитъ при шестидесяти шести градусахъ, вмѣсто ста!

«— Итакъ, капитанъ?..

«— Итакъ, Бенъ-Зуфъ, я совѣтую тебѣ продержать яйца въ кипяткѣ четверть часа.

«— Но они будутъ крутыя!

«— Нѣтъ, дружище, они будутъ еле сварены.

«Причиной этого явленія было, очевидно, уменьшеніе высоты атмосфернаго слоя. Воздушный столбъ надъ поверхностью почвы уменьшился приблизительно на одну треть, и вотъ почему вода, подверженная меньшему давленію, кипѣла при шестидесяти шести градусахъ, вмѣсто ста. Подобное же явленіе имѣетъ мѣсто на горахъ, высота которыхъ достигаетъ 1100 метровъ. И, если бы у капитана былъ барометръ, онъ указалъ бы ему это уменьшеніе воздушнаго слоя».

Наблюденіе нашихъ героевъ мы не смѣемъ подвергать сомнѣнію: разъ они утверждаютъ, что вода кипѣла при 66 градусовъ, мы обязаны принять это какъ фактъ. Но весьма сомнительно, чтобы они могли чувствовать себя вполнѣ хорошо въ той разрѣженной атмосферѣ, въ которой они находились.

Авторъ «Гектора Сервадака» хочетъ увѣрить насъ, что «подобное же явленіе имѣетъ мѣсто на горахъ, высота которыхъ достигаетъ 1100 метровъ». Однако, это не такъ: на высотѣ 1100 метровъ вода кипитъ не при 66°, а при 94°. Чтобы получить кипятокъ при 66°, надо забраться въ десять разъ выше,— на цѣлую версту выше самой высокой горы: лишь на высотѣ 11.000 метровъ вода кипитъ при 66°. Давленіе атмосферы при этомъ равно 190 миллиметрамъ ртутнаго столба—ровно вчетверо меньше нормальнаго. Въ воздухѣ, разрѣженномъ до такой степени, почти невозможно дышать! Мы знаемъ, что воздухоплаватели, достигавшіе такой высоты, лишались сознанія отъ недостатка воздуха,—а между тѣмъ Сервадакъ и его ординарецъ чувствуютъ себя сравнительно сносно... Хорошо, что у Сервадака подъ рукой не оказалось барометра: иначе Жюлю Верну пришлось бы заставить этотъ инструментъ показывать совсѣмъ не ту цифру, которую онъ долженъ былъ показать согласно законамъ физики (640 мм., вмѣсто 190 мм.).

Если бы наши герои попали не на воображаемую комету, а, напримѣръ, на Марсъ, гдѣ атмосферное давленіе не превышаетъ 60 миллиметровъ, имъ пришлось бы пить еще менѣе горячій кипятокъ—всего въ 44 градуса! Чтобы получить на Марсѣ стаканъ настоящаго горячаго чаю, они должны были бы прибѣгнуть къ услугамъ Папинова котла, въ которомъ искусственно поддерживается повышенное давленіе.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

Магнитизмъ.— Электричество.

„Любящій камень".

Такое поэтическое названіе дали китайцы естественному магниту. «Любящій камень» (тшу-ши),—говорятъ китайцы,—притягиваетъ къ себѣ желѣзо, какъ нѣжная мать привлекаетъ къ себѣ своихъ дѣтей». Замѣчательно, что у французовъ,—народа, живущаго на противоположномъ концѣ Стараго Свѣта,—мы опять встрѣчаемъ то же названіе для магнита: французское слово «aimant» означаетъ и «магнитъ» и «любящій».

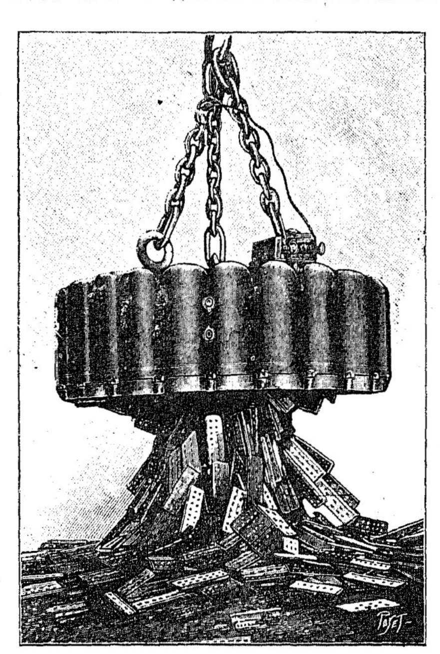


Рис. 74. Электромагнитный подъемный кранъ, переносящій желѣзныя плитки.

Сила этой «любви» у естественныхъ магнитовъ весьма незначительна, и потому очень наивно звучитъ греческое названіе магнита —«Геркулесовъ камень». Если обитатели древней Эллады такъ поражались столь умѣренной силой притяженія естественнаго магнита, то что сказали бы они, увидѣвъ на современномъ желѣзодѣлательномъ заводѣ магниты, поднима-

ющіе огромныя глыбы въ 400 пудовъ вѣсомъ! Правда, это не естественные магниты, а «электро-магниты», т. е. желѣзные стержни, намагниченные электрическимъ токомъ, проходящимъ по окружающей обмоткѣ. Но здѣсь дѣйствуетъ та же сила природы—магнитизмъ, которая проявляется и въ естественномъ магнитѣ.

Могучіе электромагниты оказываютъ при подъемѣ и перемѣщніи желѣзныхъ массъ неоцѣнимыя услуги на сталелитейныхъ и т. п. заводахъ. Массивныя желѣзныя глыбы или огромныя части машинъ въ сотни пудовъ вѣсомъ съ удобствомъ переносятся этими магнитными подъемными кранами безъ помощи цѣпей. Точно такъ же переносятъ они, безъ всякихъ ящиковъ и упаковки, листовое желѣзо, проволоки, гвозди, желѣзные обломки и т. п. матеріалы, для переноски которыхъ инымъ способомъ понадобилось бы немало хлопотъ.

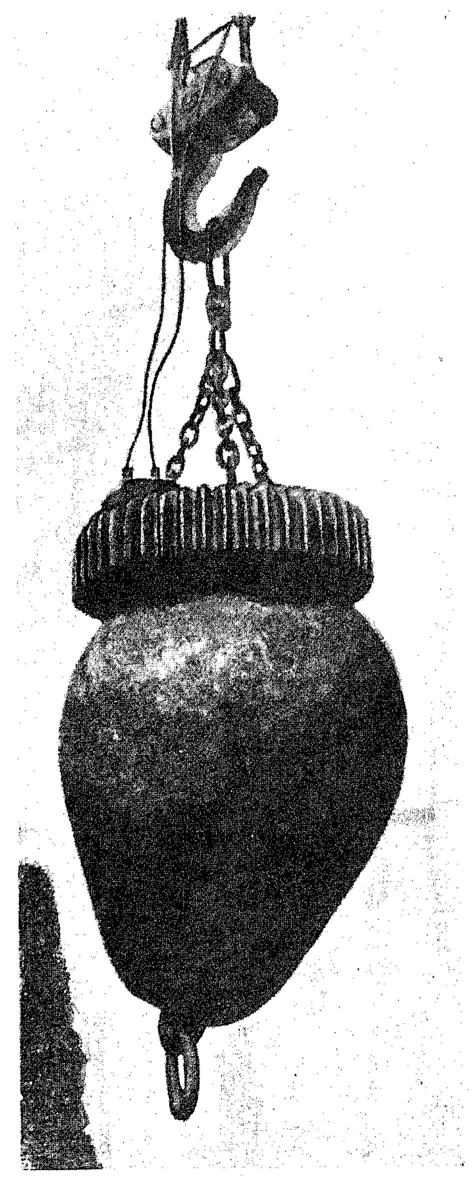


Рис. 75. Желѣзная глыба, вѣсомъ въ 400 пудовъ, удерживаемая электромагнитомъ.

Еще удобнѣе было бы переносить при помощи магнитовъ раскаленныя желѣзныя болванки или плиты,—не правда ли,

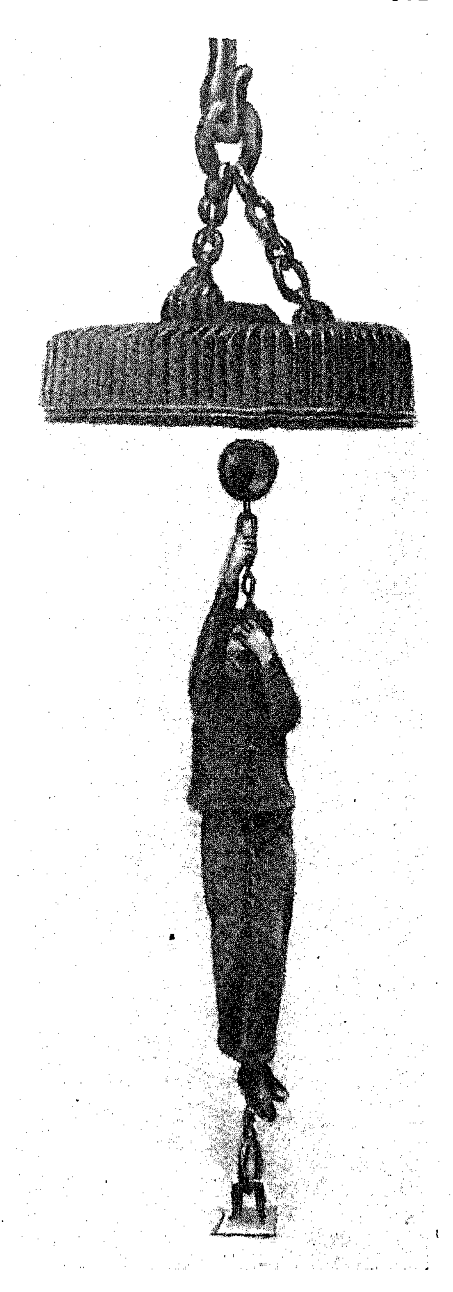


Рис. 76.
Желѣзная цѣпь, торчащая вверхъ.

читатель? Но, къ сожалѣнію, это невозможно, по той простой причинѣ, что **раскаленное желѣзо не намагничивается**. Магнитъ, нагрѣтый до краснаго каленія, навсегда утрачиваетъ свои магнитныя свойства. Если вамъ не жаль 10-тикопѣечнаго магнита, бросьте его въ печь, на горячіе уголья. Черезъ нѣсколько минутъ вы вынете изъ печи уже не магнитъ, а простое желѣзо.

Наподобіе Магометова гроба.

Любопытный случай наблюдался однажды при работѣ съ электромагнитнымъ **подъемнымъ** краномъ. Одинъ изъ рабочихъ замѣтилъ, что электромагнитъ притянулъ къ себѣ тяжелый желѣзный шаръ съ короткой цѣпью, которая мѣшала шару вплотную приблизиться къ магниту. Получилась необычайная картина: цѣпь, торчащая отвѣсно вверхъ! Сила магнита оказалась такъ велика, что цѣпь сохраняла свое вертикальное положеніе, даже когда на ней повисъ рабочій! Оказавшійся побли-

зости фотографъ поспѣшилъ запечатлѣть на пластинкѣ столь интересный моментъ, и мы приводимъ здѣсь эту фотографію человѣка, висящаго въ воздухѣ, наподобіе легендарнаго Магометова гроба.

Кстати о Магометовомъ гробѣ. Правовѣрные мусульмане убѣждены, что гробъ съ останками великаго пророка покоится въ воздухѣ, вися въ усыпальницѣ между поломъ и потолкомъ безъ всякой опоры.

Возможно ли это?

Многіе воображаютъ, что это вполнѣ возможно, если допустить, что гробъ Магомета желѣзный и что въ потолкѣ скрытъ сильнѣйшій магнитъ, который и уравновѣшиваетъ силу тяжести. Но такое объясненіе несостоятельно; если бы подобное равновѣсіе даже и было достигнуто на одинъ моментъ, то малѣйшаго толчка, малѣйшаго дуновенія воздуха было бы достаточно, чтобы его нарушить,—и тогда гробъ либо упалъ бы на полъ, либо притянулся бы къ потолку. Удержать его неподвижно при подобныхъ условіяхъ практически такъ же невозможно, какъ невозможно поставить конусъ на его вершинѣ, хотя теоретически послѣднее вполнѣ допустимо.

Но если подобное равновѣсіе недостижимо для неподвижнаго тѣла, то оно вполнѣ мыслимо для тѣла движущагося. На этой мысли основанъ замѣчательный проектъ электромагнитной желѣзной дороги безъ тренія, предложенный недавно извѣстнымъ русскимъ физикомъ, проф. Б. П. Вейнбергомъ. Если даже этотъ проектъ не будетъ никогда осуществленъ, онъ все же настолько поучителенъ и остроуменъ, что познакомиться съ нимъ полезно всякому, интересующемуся физикой.

Движеніе безъ тренія.

Въ желѣзной дорогѣ, которую предлагаетъ устроить проф. Б. П. Вейнбергъ, вагоны будутъ совершенно невѣсомы; ихъ вѣсъ уничтожается электромагнитнымъ притяженіемъ. Вы не удивитесь поэтому, если узнаете, что, согласно проекту, вагоны не катятся по рельсамъ, не плаваютъ по водѣ, даже не скользятъ въ воздухѣ—они летятъ безъ всякой опоры, не прикасаясь ни къ чему, вися на невидимыхъ нитяхъ могучихъ магнитныхъ силъ. Они не испытываютъ ни малѣйшаго тренія и, слѣдовательно,

будучи разъ приведены въ движеніе, сохраняютъ по инерціи свою колоссальную скорость, не нуждаясь въ работѣ локомотива.

Осуществляется все это слѣдующимъ образомъ. Вагоны должны двигаться внутри широкой трубы, изъ которой выкачанъ воздухъ, чтобы стѣнки вагоновъ не терлись объ него. Треніе о дно уничтожается тѣмъ, что вагоны двигаются, не касаясь стѣнокъ трубы, поддерживаемые въ пустотѣ силою электромагнитовъ. Съ этою цѣлью вдоль всего пути надъ трубою разставлены, въ опредѣленныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга, очень сильные электромагниты. Они притягиваютъ къ себѣ желѣзные вагоны, движущіяся внутри трубы, и мѣшаютъ имъ падать. Сила магнитовъ разсчитана такъ, что желѣзный вагонъ, проносящійся въ трубѣ, все время остается между ея «потолкомъ» и «поломъ», не прикасаясь ни къ тому, ни къ другому. Электромагнитъ подтягиваетъ проносящійся подъ нимъ вагонъ вверхъ, но вагонъ не успѣваетъ удариться въ потолокъ, ибо его влечетъ внизъ сила тяжести; едва онъ готовъ коснуться пола, его подхватываетъ притяженіе слѣдующаго электромагнита... Такъ, все время подхватываемый электромагнитами, вагонъ мчится по волнистой линіи, безъ тренія, безъ толчковъ, въ пустотѣ, какъ планета въ міровомъ пространствѣ (рис. 77).

Что же представляютъ собой сами вагоны? Это—сигарообразные цилиндры, высотой немногимъ больше человѣческаго роста, длиной около двухъ саженъ. Конечно, вагонъ герметически закрытъ—вѣдь онъ движется въ безвоздушномъ пространствѣ—и, подобно подводнымъ лодкамъ, снабженъ аппаратами для автоматической очистки воздуха. Способъ отправленія вагоновъ въ путь также совершенно отличенъ отъ всего, что примѣнялось до сихъ поръ: его можно сравнить развѣ только съ пушечнымъ выстрѣломъ. И дѣйствительно, вагоны эти буквально «выстрѣливаются», какъ ядра,—только «пушка» здѣсь электромагнитная. Устройство станціи отправленія основано на свойствѣ спирально закрученной, въ формѣ катушки, проволоки («соленоида») при прохожденіи тока втягивать въ себя желѣзный стержень: втягиваніе происходитъ съ такой стремительностью, что стержень, при достаточной длинѣ обмотки и силѣ тока, можетъ пріобрѣсти огромную скорость. Въ новой магнитной дорогѣ эта-то сила и будетъ выбрасывать вагоны. Такъ какъ внутри туннеля тренія нѣтъ, то скорость вагоновъ не ослабляется—они мчатся по

инерціи, пока ихъ не задержитъ соленоидъ станціи назначенія.

Скорость движенія вагоновъ теоретически можетъ быть какъ угодно велика—тысяча или хоть десять тысячъ верстъ въ часъ. Изобрѣтатель остановился пока на сравнительно скромной цифрѣ около 720 вер. Но и такая скорость перенесетъ насъ изъ Петрограда въ Москву въ 45 минутъ, а въ 10—11 часовъ промчитъ поперекъ всего Стараго Свѣта, отъ Финляндіи до Великаго океана.

Проектъ проф. Б. П. Вейнберга, какъ мы его описали, представленъ въ его наиболѣе совершенномъ видѣ. Но онъ можетъ быть осуществленъ и въ упрощенномъ видѣ, не утрачивая при этомъ существенныхъ выгодъ. Мы можемъ, напримѣръ, поступиться требованіемъ абсолютной пустоты и заставить вагоны двигаться въ воздушной средѣ. Это значительно удешевитъ путь, не слишкомъ уменьшивъ проектированную скорость передвиженія. Мы можемъ, далѣе, усиливъ электромагниты, заставить вагоны катиться по потолку трубы, при чемъ

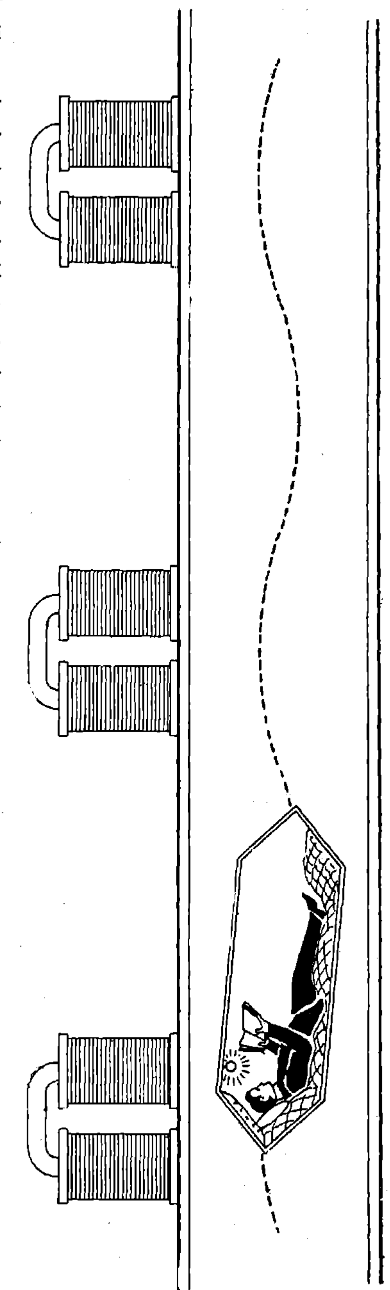


Рис. 77. Экипажъ, движущійся безъ тренія.—Проектъ профессора Б. П. Вейнберга.
(Пунктиромъ обозначенъ путь вагона)

треніе уменьшится до крайности; можемъ также, наоборотъ, ослабивъ магниты, заставить облегченные вагоны мчаться по дну трубы съ самымъ ничтожнымъ треніемъ. Конечно, мы не получимъ тогда полностью всѣхъ выгодъ проекта, но значительную часть ихъ мы все же получимъ.

Сраженіе марсіанъ съ земножителями.

Естествоиспытатель древняго Рима, Плиній, передаетъ распространенный въ его время разсказъ о магнитной скалѣ гдѣ-то въ Индіи, у берега моря, которая съ необычайной силой притягивала къ себѣ всякіе желѣзные предметы. Горе моряку, дерзнувшему приблизиться къ этой скалѣ на своемъ кораблѣ. Она вытянетъ изъ судна всѣ гвозди, винты, желѣзныя скрѣпы— и корабль распадется на отдѣльныя доски...

Конечно, это не болѣе, какъ легенда. Мы знаемъ теперь, что магнитныя горы, т. е. горы, богатыя магнитнымъ желѣзнякомъ, дѣйствительно существуютъ,—напр. гора Благодать у насъ на Уралѣ,—но сила притяженія ихъ чрезвычайно мала, почти ничтожна. А такихъ горъ или скалъ, о какихъ писалъ Плиній, на земномъ шарѣ никогда не существовало.

Научный романистъ Куртъ Лассвицъ воспользовался, однако, идеей этой легенды, чтобы придумать грозное военное оружіе, къ которому прибѣгаютъ въ его романѣ «На двухъ планетахъ» пришельцы съ Марса въ борьбѣ съ земными арміями. Располагая такимъ магнитнымъ (вѣрнѣе, электромагнитнымъ) оружіемъ, марсіане даже не вступаютъ въ борьбу съ земными жителями, а обезоруживаютъ ихъ еще до начала сраженія.

Вотъ какъ описываетъ романистъ этотъ эпизодъ сраженія между марсіанами и земножителями:

«Съ оглушительнымъ крикомъ «ура» блестящіе ряды всадниковъ неудержимо ринулись впередъ. Это было потрясающее мгновеніе! Леденящій ужасъ охватилъ всѣхъ, кто былъ случайнымъ зрителемъ этого происшествія. И казалось, будто самоотверженная рѣшимость войска понудила, наконецъ, могущественнаго непріятеля (т. е. марсіанъ) къ уступкѣ, такъ какъ между его воздушными кораблями возникло какое-то новое движеніе. Они поднялись на воздухъ, словно собираясь уступить дорогу.

Одновременно съ этимъ, однако, сверху опустилась какая-то темная, широко раскинувшаяся масса, теперь только появившаяся надъ полемъ. Подобно широко развивающемуся покрывалу, масса эта, со всѣхъ сторонъ окруженная воздушными кораблями, быстро развернулась надъ полемъ. Вотъ, наконецъ, первый рядъ всадниковъ попалъ въ районъ ея дѣйствія—и тотчасъ же вслѣдъ за этимъ странная машина распростерлась надъ всѣмъ полкомъ. Дѣйствіе, произведенное ею, было такъ неожиданно и такъ чудовищно, что, двинувшаяся навстрѣчу полку, толпа принцевъ и генераловъ остановилась, какъ вкопанная. Съ поля донесся пронзительный вопль ужаса. Ни одинъ конь не удержался на ногахъ, лошади и всадники какимъ-то чудовищнымъ спутаннымъ клубкомъ валялись на землѣ, а воздухъ былъ наполненъ густою тучею копій, сабель и карабиновъ, съ громомъ и трескомъ летѣвшей вверхъ къ притягивающей ихъ машинѣ, къ которой они и пристали. Машина скользнула немного въ сторону и сбросила свою желѣзную жатву на землю. Еще два раза возвращалась машина и словно скосила все находящееся на полѣ оружіе. Не нашлось ни одной руки, которая оказалась бы въ силахъ удержать саблю или копье; а въ тѣхъ случаяхъ, когда всадникъ не выпускалъ оружія, машина поднимала на воздухъ и его самого вмѣстѣ съ лошадью. Лошадиныя подковы тоже были унесены на воздухъ, и вслѣдствіе этого всѣ лошади попадали на-земь.

«Машина эта была новымъ могущественнымъ изобрѣтеніемъ марсіанъ: это былъ снарядъ для обезоруженія людей, съ непреодолимою силою притягивавшій къ себѣ все, выдѣланное изъ желѣза и стали. Это было магнитное поле колоссальной силы и громаднаго протяженія. Съ помощью этого витающаго въ воздухѣ магнита марсіане вырывали изъ рукъ своихъ противниковъ оружіе, не причиняя имъ никакого вреда, кромѣ нѣкоторыхъ, неизбѣжныхъ при этомъ, ушибовъ.

«Въ то время какъ конница пыталась хоть сколько-нибудь оправиться и притти въ порядокъ, воздушный магнитъ понесся уже далѣе и приблизился къ пѣхотѣ. Тщетно солдаты напрягали всѣ свои силы, тщетно старались обѣими руками удержать свои ружья,—непреодолимая сила вырвала ихъ изъ рукъ, а многіе, все-таки не выпускавшіе ихъ, сами были увлечены на воздухъ, чтобы затѣмъ тяжело рухнуть на землю. Въ нѣсколько

минутъ первый гвардейскій полкъ былъ обезоруженъ. Машина понеслась далѣе вдогонку за марширующими въ городѣ полками, готовя для нихъ ту же участь. Самое сильное войско должно было въ короткое время сдѣлаться совершенно неспособнымъ къ борьбѣ. Подобная же судьба постигла и артиллерійскія орудія».

Часы и магнитизмъ.

При чтеніи предыдущаго отрывка естественно возникаетъ вопросъ: нельзя ли защититься отъ дѣйствія магнитныхъ силъ, укрыться отъ нихъ за какой-нибудь непроницаемой для нихъ преградою?

Это вполнѣ возможно, и фантастическое изобрѣтеніе марсіанъ могло бы быть обезврежено, если бы заранѣе были приняты надлежащія мѣры.

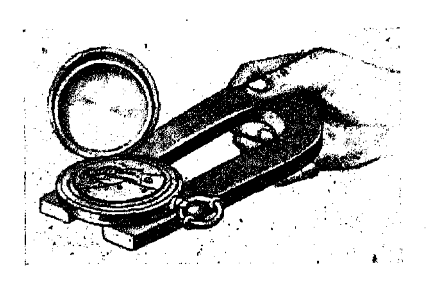


Рис. 78. Опасный опытъ съ часами.

Какъ ни странно, но веществомъ, непроницаемымъ для магнитныхъ силъ, является... желѣзо,—то самое желѣзо, которое такъ легко намагничивается! Внутри кольца изъ желѣза стрѣлка компаса не отклоняется магнитомъ, помѣщеннымъ внѣ кольца.

Желѣзнымъ футляромъ можно защитить отъ дѣйствія магнитныхъ силъ стальной механизмъ карманныхъ часовъ. Если вы положите золотые часы на полюсы сильнаго подковообразнаго магнита, то всѣ стальныя части механизма намагнитятся, и часы остановятся. Удаливъ магнитъ, вы не вернете часы къ прежнему состоянію: стальныя части механизма останутся все же намагниченными, и часы потребуютъ самой радикальной починки, замѣны многихъ частей механизма новыми. Поэтому съ золотыми часами лучше даже не дѣлать подобнаго опыта—онъ обойдется черезчуръ дорого.

Но съ часами, механизмъ которыхъ плотно закрытъ желѣзными или стальными крышками, вы можете смѣло произвести этотъ опытъ—магнитныя силы черезъ желѣзо и сталь не проникаютъ. Поднесите такіе часы къ открытымъ полюсамъ силь-

нѣйшей динамо — вѣрность ихъ хода не пострадаетъ ни въ малѣйшей степени. Для электротехниковъ такіе дешевые желѣзные часы являются идеальнѣйшими, тогда какъ золотые или серебряные скоро приходятъ въ негодность отъ постоянной близости электромагнитовъ.

Магнитный вѣчный двигатель.

Въ исторіи попытокъ изобрѣсти «вѣчный двигатель» магнитъ сыгралъ не послѣднюю роль. Неудачники-изобрѣтатели старались на разные лады использовать магнитъ, чтобы устроить механизмъ, который вѣчно двигался бы самъ собой. Вотъ одинъ изъ проектовъ подобнаго «механизма», предложенный въ XVII вѣкѣ нѣкимъ Джономъ Вилькенсомъ, епископомъ въ Честерѣ, много занимавшимся неразрѣшимой проблемой «вѣчнаго двигателя».

На колонкѣ помѣщается намагниченный желѣзный шаръ *A*. Къ ней же прислонены два наклонныхъ жолоба, одинъ подъ другимъ, при чемъ верхній имѣетъ небольшое отверстіе въ верхней части, а нижній изогнутъ. Если, — разсуждалъ изобрѣтатель, — на верхній жолобъ положить небольшой желѣзный шарикъ *B*, то вслѣдствіе притяженія магнита *A* шарикъ покатится вверхъ; однако, дойдя до отверстія, онъ провалится въ нижній жолобъ, покатится по нему внизъ, взбѣжитъ по закругленію этого жолоба и попадетъ на верхній жолобъ; отсюда онъ, притягиваемый магнитомъ, снова покатится вверхъ, снова провалится черезъ отверстіе, снова покатится внизъ и опять очутится на верхнемъ жолобѣ, чтобы начать движеніе сызнова. Такимъ образомъ, шарикъ безостановочно будетъ бѣгать взадъ и впередъ, осуществляя «вѣчное движеніе».

Въ чемъ абсурдность этого «изобрѣтенія»?

Указать его не трудно, и епископъ, вѣроятно, самъ замѣтилъ бы свой промахъ, если бы попытался осуществить изобрѣтеніе на дѣлѣ. Но и простымъ разсужденіемъ можно доказать нелѣпость этого «вѣчнаго двигателя». Въ самомъ дѣлѣ: если намагниченный шаръ на колонкѣ въ состояніи притянуть къ себѣ шарикъ съ конца жолоба, то онъ тѣмъ болѣе въ состояніи будетъ воспрепятствовать его паденію черезъ отверстіе; и наоборотъ, если намагниченный шаръ не въ состояніи противодѣйствовать

паденію шарика въ близлежащее отверстіе, то и подавно не въ состояніи будетъ притянуть его къ себѣ издалека. «Вѣчнаго движенія» здѣсь, очевидно, быть не можетъ.

Какъ ни очевидна нелѣпость подобнаго проекта, онъ впослѣдствіи много разъ вновь всплывалъ во всевозможныхъ видоизмѣненіяхъ. И любопытно, что одинъ изъ подобнаго рода проектовъ былъ даже, говорятъ, патентованъ въ Германіи въ 1878 году, т. е. тридцать лѣтъ спустя послѣ провозглашенія

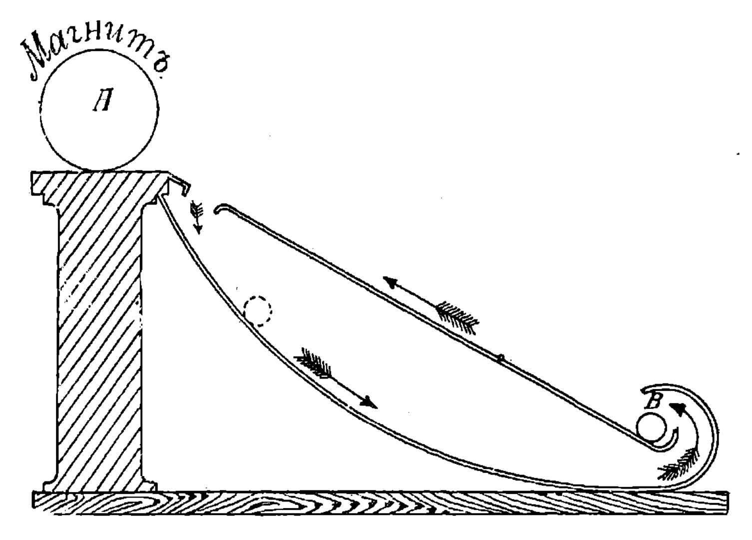


Рис. 79. Воображаемый «вѣчный двигатель» епископа Вилькенса.

Робертомъ Мейеромъ закона сохраненія энергіи! Хитроумный изобрѣтатель такъ усложнилъ и замаскировалъ нелѣпую основную идею своего «вѣчнаго магнитнаго двигателя», что ввелъ въ заблужденіе техническую комиссію, выдающую патенты. И хотя, согласно уставу, патенты на изобрѣтенія, идея которыхъ противорѣчитъ законамъ природы, не должны выдаваться, изобрѣтеніе на этотъ разъ все же было патентовано. Оно состояло въ томъ, что подъ дѣйствіемъ притяженія цѣлаго ряда магнитовъ, приводился въ «безостановочное» качаніе маятникъ, который и двигалъ весь механизмъ... Вѣроятно, счастливый обладатель этого единственнаго въ своемъ родѣ патента скоро разочаровался въ своемъ дѣтищѣ, такъ какъ уже черезъ два года пересталъ вносить пошлину, и курьезный патентъ потерялъ силу.

Еще одна заманчивая надежда.

Вотъ еще одна идея магнитнаго вѣчнаго двигателя, высказанная совсѣмъ недавно (въ 1912 г.) русскимъ инженеромъ В. В. Рюминымъ - Старшимъ. Авторъ идеи опубликовалъ ее въ формѣ небольшого разсказа («Судьба Русскаго Богатыря»), который приведенъ здѣсь въ отрывкахъ.

Изобрѣтатель—онъ названъ въ разсказѣ Петровымъ—такъ объяснялъ своимъ друзьямъ сущность задуманнаго имъ двигателя:

«Я хочу разсказать, какъ я пришелъ къ постройкѣ моего дарового источника энергіи. Я завѣдовалъ электрической станціей завода. Шесть тысячъ силъ паровыхъ двигателей я обращалъ въ токъ и посылалъ его по своему громадному заводу, гдѣ онъ и свѣтилъ, и плавилъ, и двигалъ машины. Разъ какъ-то заупрямилась у меня небольшая динамо. Возился я съ ней долго и, наконецъ, нашелъ причину ея каприза. При ремонтѣ мой монтеръ взялъ не тотъ матеріалъ, который обычно шелъ на дѣло, и машина по временамъ переставала работать оттого, что пропадало магнитное поле, несмотря на вращеніе машины. Я нашелъ матеріалъ, непрозрачный для магнитизма! До сихъ поръ магнитъ дѣйствовалъ на желѣзо, несмотря ни на какія преграды, а я нашелъ вещество, не пропускающее магнитныхъ силъ.

«Теперь, смотрите на мою модель. Два сильныхъ магнита,—все равно, электромагниты или постоянные, естественные или стальные,—помѣщены другъ противъ друга. Желѣзный якорь, безъ всякой обмотки, въ формѣ спицъ колеса вращается между ними. Но когда я его заставлю вращаться, онъ непремѣнно остановится отъ притяженія его магнитомъ. Притяженіе заставляетъ его вращаться къ магнитамъ, но оно же и останавливаетъ его. А теперь,—смотрите: когда спица начала двигаться къ магниту, я между полюсомъ и концомъ спицы ставлю мою ширмочку. Магнитъ далъ толчокъ, но когда спица притянулась къ нему, онъ уже ея не задерживаетъ, и она проходитъ мимо; убираю ширмочку—и слѣдующая спица подтягивается; опять ширма—и такъ безъ конца».

Такова идея вѣчнаго двигателя. Черезъ нѣкоторое время изобрѣтатель соорудилъ будто бы настоящую вѣчно-движущуюся машину, получившую названіе Русскаго Богатыря.

«Прошло около полугода—и петербуржцы были взволнованы газетными замѣтками о появившейся на Невѣ лодкѣ съ двигателемъ, не требующимъ ни бензина, ни зарядки аккумуляторовъ, а между тѣмъ свободно развивающаго до 10 силъ.

«Затѣмъ съ такимъ же двигателемъ показался на улицахъ города автомобиль; полетѣлъ и аэропланъ»...

Авторъ разсказа въ радужныхъ краскахъ рисуетъ намъ будущность проектируемаго имъ двигателя.

«Значеніе такого двигателя поистинѣ громадно. Разъ сдѣланная затрата на его пріобрѣтеніе обезпечивала для владѣльца почти даровое полученіе механической энергіи, а, стало быть,— и всѣхъ видовъ энергіи: свѣта, тепла, электричества. Паровыя машины упразднялись, морскія суда получали возможность плавать безконечно долго. Добыча каменнаго угля, какъ источника энергіи, становилась ненужной, и уголь шелъ только для полученія изъ него химическихъ продуктовъ. Земледѣліе получало такую дешевую силу, что можно было орошать поля изъ самыхъ дальнихъ рѣкъ и озеръ. Передвиженіе и транспортъ грузовъ удешевлялся до невѣроятія.

«Словомъ, не было стороны жизни, которую не затронуло бы широкое распространеніе новаго двигателя.

«Петрова забросали предложеніями. Составилась солидная компанія для постройки двигателей. Но въ самый разгаръ устройства завода Петровъ заболѣлъ тифомъ. Сначала это не вызвало никакихъ затрудненій, но матеріалъ ширмъ былъ извѣстенъ только больному, скоро впавшему въ бредъ и затѣмъ умершему.

«Блестящія надежды отдѣльныхъ лицъ и всего человѣчества сразу разбились. Остался только вѣрный путь къ рѣшенію задачи».

Еще одно разочарованіе.

Вѣчный двигатель, съ идеей котораго мы только что познакомились, повидимому, непохожъ на ребяческія выдумки прежнихъ искателей магнитнаго «perpetuum mobile». Между этимъ проектомъ и, напримѣръ, двигателемъ честерскаго епископа огромная разница. Тамъ ошибка сразу бросается въ глаза, а здѣсь весь ходъ разсужденія какъ-будто правиленъ. Найдите

только вещество, абсолютно непроницаемое для магнитныхъ силъ—и многовѣковая проблема вѣчнаго двигателя будетъ разрѣшена вами.

Такъ ли это? Дѣйствительно ли указаннымъ путемъ можетъ быть разрѣшена задача изобрѣтенія вѣчнаго двигателя, а слѣдовательно, упраздняется и законъ сохраненія энергіи? Вѣдь здѣсь передъ нами не только «даровой» двигатель, использующій неистощимые запасы разлитой въ природѣ энергіи, а настоящій «вѣчный двигатель», творящій энергію изъ ничего! Можетъ ли это быть?

А если нѣтъ, то въ чемъ же ошибка?

Ошибка кроется въ предположеніи, будто бы для перемѣщенія непроницаемой ширмы не потребуется никакой силы, будто работа, затрачиваемая на движеніе ширмы взадъ и впередъ, ничтожна въ сравненіи съ работой, развиваемой двигателемъ. А между тѣмъ здѣсь-то именно и кроется вся ошибка въ ходѣ мыслей изобрѣтателя! Впрочемъ, непроницаемую для магнитизма «ширму» нѣтъ вовсе нужды искать и изобрѣтать—мы уже говорили о томъ, что мягкое желѣзо почти не пропускаетъ сквозь себя магнитныхъ силъ и можетъ съ успѣхомъ служить такой ширмой. Попробуйте, однако, двигать желѣзную пластинку взадъ и впередъ близъ полюса сильнаго магнита,—вы убѣдитесь, что это вовсе не дѣлается безъ затраты энергіи! Если бы мы, пользуясь такой желѣзной «ширмой», соорудили двигатель типа фантастическаго «Русскаго Богатыря», то должны были бы тратить на движеніе ширмы р о в н о с т о л ь к о ж е р а б о т ы, с к о л ь к о п о л у ч а л и б ы о т ъ с а м о й м а ш и н ы. Никакого выигрыша силъ не получалось бы. Такъ будетъ и съ «ширмами» изъ всякаго другого вещества,—если таковое удастся когда-нибудь найти. Вѣдь роль ширмы состоитъ не въ томъ, что она у н и ч т о ж а е т ъ силу, а въ томъ, что она цѣликомъ п р и н и м а е т ъ д ѣ й с т в і е с и л ы н а с е б я, не пропуская ея далѣе; а при этомъ условіи передвиженіе ширмы требуетъ такой затраты энергіи, которая въ точности должна равняться ея выигрышу въ другой части машины.

Вы видите, что этотъ путь разрѣшенія задачи «вѣчнаго двигателя» столь же обманчивъ, какъ и всякіе другіе фантастическіе способы добывать энергію безъ затратъ ея въ какой-либо другой формѣ.

Почти вѣчное движеніе.

Для строгаго математика выраженіе «почти вѣчное» не представляетъ ничего заманчиваго. Движеніе можетъ быть либо вѣчнымъ, либо не вѣчнымъ; «почти вѣчное» значитъ, въ сущности, *«не вѣчное»*. Но для практической жизни это не такъ. Въ Новой Зеландіи, говорятъ, никто по закону не можетъ купить участка земли въ вѣчное владѣніе, а только въ аренду на 999 лѣтъ, послѣ чего земля становится собственностью государства. Но развѣ «арендаторъ» такого участка не считаетъ его своей *вѣчной* собственностью?

Многіе, вѣроятно, были бы вполнѣ удовлетворены, если бы получили въ свое распоряженіе не совсѣмъ вѣчный двигатель, а «почти вѣчный», способный двигаться хотя бы, напримѣръ, тысячу лѣтъ. Жизнь человѣка коротка, и тысячелѣтіе для насъ все равно, что вѣчность. Люди практической складки навѣрное сочли бы, что проблема вѣчнаго двигателя рѣшена и больше не надъ чѣмъ ломать голову.

Такихъ людей я могу обрадовать сообщеніемъ, что 1000-лѣтній двигатель уже изобрѣтенъ и всякій можетъ, при извѣстной затратѣ средствъ, имѣть у себя маленькое подобіе вѣчнаго движенія. Патентъ на это изобрѣтеніе никѣмъ не взятъ, и секрета онъ никакого не представляетъ.

Устройство этого прибора, придуманнаго проф. Стреттомъ и обычно называемаго «радіевыми часами», весьма несложно. Внутри стеклянной банки, изъ которой выкачанъ воздухъ, подвѣшена на кварцевой нити *B* (непроводящей электричества) небольшая стеклянная трубочка *A*, заключающая въ себѣ нѣсколько тысячныхъ долей грамма *радіевой соли*. Къ концу трубочки подвѣшены, какъ въ электроскопѣ, два золотыхъ листочка. Радій, какъ извѣстно, испускаетъ лучи трехъ родовъ, называемые α, β и γ. Въ данномъ случаѣ важнѣйшую роль играютъ легко проходящіе черезъ стекло β-лучи, которые состоятъ изъ огромнаго множества отрицательно наэлектризованныхъ частицъ (электроновъ). Разбрасываемыя радіемъ во всѣ стороны, частицы уносятъ съ собой *отрицательный* зарядъ, а потому сама трубка съ радіемъ постепенно заряжается *положительно*.

Этотъ положительный зарядъ переходитъ на холодные листочки и заставляетъ ихъ раздвигаться. Раздвинувшись, листочки прикасаются къ стѣнкамъ трубки, теряютъ здѣсь свой зарядъ (въ соотвѣтствующихъ мѣстахъ стѣнокъ приклеены полоски фольги, по которымъ электричество уходитъ) и вновь смыкаются. Вскорѣ накопляется новый зарядъ, листочки вновь расходятся, опять отдаютъ зарядъ стѣнкамъ, и смыкаются, чтобы снова наэлектризоваться. Каждыя двѣ-три минуты совершается одно колебаніе золотыхъ листочковъ, съ регулярностью часового маятника—отсюда и названіе «радіевые часы». Такъ продлится цѣлые годы, десятилѣтія, столѣтія, пока будетъ продолжаться испусканіе радіемъ его лучей.

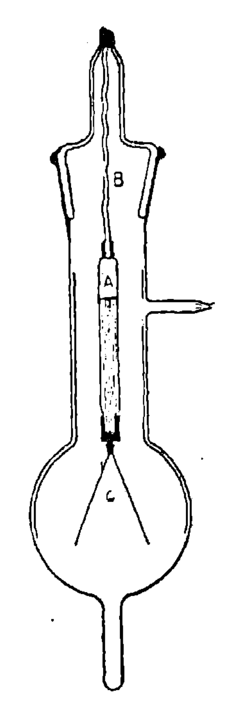


Рис. 80. Радіевые часы «съ заводомъ» на 1000 лѣтъ.

А долго ли радій испускаетъ свои лучи? Намъ извѣстенъ срокъ, въ теченіе котораго истощается способность радія высылать лучи: срокъ этотъ равенъ приблизительно 3000 годамъ. Но уже черезъ 1500 лѣтъ эта способность радія ослабнетъ вдвое. Поэтому радіевы часы будутъ итти безостановочно не менѣе 1000 лѣтъ, лишь постепенно замедляя свои колебанія вслѣдствіе ослабленія электрическаго заряда. Если бы во времена Рюрика устроены были такіе радіевы часы, то они дѣйствовали бы еще и въ наше время!

Можно ли использовать этотъ «почти вѣчный двигатель» для какихъ-нибудь практическихъ цѣлей? Къ сожалѣнію, нѣтъ: *мощность* этого двигателя,—т. е. количество работы, совершаемой имъ въ секунду,—такъ ничтожна, что никакой механизмъ не можетъ приводиться имъ въ дѣйствіе. Чтобы достичь сколько-нибудь осязательныхъ результатовъ, необходимо располагать гораздо бо́льшимъ запасомъ радія. Если вспомнимъ, что радій въ десятки тысячъ разъ дороже золота, то согласимся, что вѣчный двигатель подобнаго рода оказался бы черезчуръ разорительнымъ. Это не лишаетъ «радіевые часы» права считаться наибольшимъ приближеніемъ къ вѣчному движенію, какое только было придумано до сихъ поръ.

При свѣтѣ молніи.

Случалось ли вамъ во время грозы наблюдать картину оживленной городской улицы при краткихъ вспышкахъ молніи? Вы, конечно, замѣтили при этомъ одну странную особенность: улица, только что полная движенія, кажется въ такія мгновенія словно сразу застывшей. Лошади останавливаются въ напряженныхъ позахъ, держа ноги въ воздухѣ; экипажи—также неподвижны; отчетливо видна каждая спица колеса...

Причина этой кажущейся неподвижности заключается въ невообразимо ничтожной продолжительности молніи. Молнія,

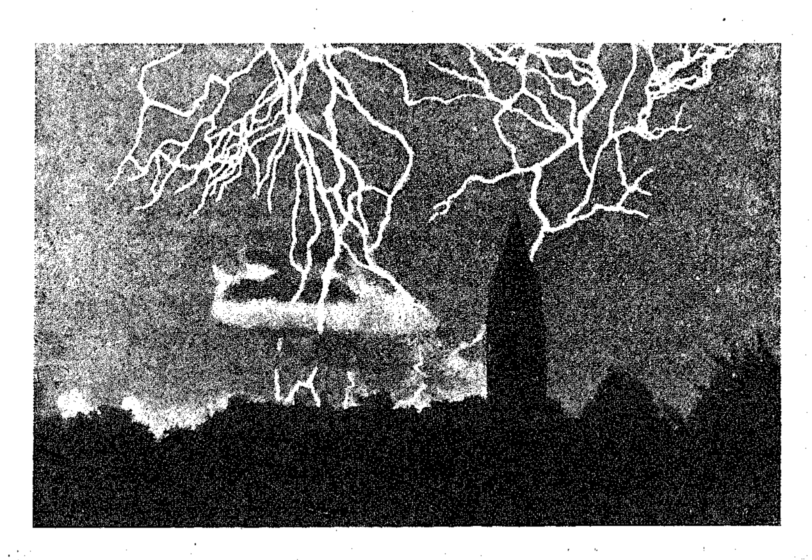


Рис. 81. Фотографическій снимокъ молніи.

какъ и всякая электрическая искра, длится чрезвычайно малый промежутокъ времени—настолько малый, что его даже нельзя измѣрить нашими обычными средствами. При помощи косвенныхъ пріемовъ удалось, однако, установить, что молнія длится всего *нѣсколько милліонныхъ долей секунды!* За столь ничтожный промежутокъ времени ничто не успѣваетъ перемѣститься замѣтнымъ для глаза образомъ. Неудивительно поэтому, что улица, полная разнообразныхъ движеній, представляется намъ при свѣтѣ

молніи совершенно неподвижной: вѣдь мы наблюдаемъ ее менѣе одной стотысячной доли секунды! Каждая спица въ колесахъ быстро мчащагося автомобиля успѣваетъ перемѣститься лишь на ничтожную долю миллиметра; а для глаза это все равно, что полная неподвижность.

Сколько стоитъ молнія?

Въ наши дни, когда электрическая энергія превратилась въ товаръ, который отмѣряютъ и оцѣниваютъ, какъ и всякій другой, вопросъ о томъ, какова стоимость молніи, вовсе не долженъ казаться безсмысленнымъ. Задача состоитъ въ томъ, чтобы учесть электрическую энергію, потребную для грозового разряда, и оцѣнить ее хотя бы по таксѣ столичныхъ обществъ электрическаго освѣщенія.

Вотъ расчетъ. Напряженіе электрическаго тока при грозовомъ разрядѣ опредѣляется въ 50 милліоновъ вольтъ. Сила тока исчисляется въ 10.000 амперъ. Мы знаемъ, что работа тока въ уаттахъ опредѣляется произведеніемъ напряженія и силы; перемноживъ 50 милліоновъ на 10.000, получаемъ для молніи расходъ энергіи въ 500.000.000.000 уаттъ.

Видя такое огромное число, вы, конечно, ожидаете, что денежная «стоимость» молніи опредѣлится колоссальной цыфрой.

На самомъ дѣлѣ, однако, стоимость оказывается поистинѣ мизерной для столь грознаго явленія природы. Зависитъ это отъ невообразимо-ничтожной продолжительности молніи. Общества электрическаго освѣщенія исчисляютъ стоимость энергіи по числу уаттъ-часовъ, т. е. для расчета умножаютъ число уаттъ на число часовъ горѣнія лампъ; за тысячу уаттъ-часовъ берутъ въ Петроградѣ, напримѣръ,—32 коп. Сдѣлаемъ же подобное вычисленіе для молніи, продолжительность которой не болѣе $^1/_{500.000}$ секунды. Мы получимъ для стоимости грозового разряда:

$$\frac{500.000.000.000 \times 32}{500.000 \times 1.000 \times 60 \times 60} = \text{около 10 коп.!}$$

Вотъ поистинѣ поразительный результатъ, котораго едва ли кто-либо могъ ожидать: стоимость молніи, по таксѣ современныхъ электрическихъ компаній, не превышаетъ гривенника! За

какихъ-нибудь 2—3 рубля можно было бы устроить самую эффектную грозу... разумѣется, если бы только мы могли располагать динамомашиной въ 50 милліоновъ вольтъ. Это очень существенное «если».

Электрическій фонтанъ.

Устроить дома небольшой фонтанъ очень легко изъ обыкновенной каучуковой трубки, одинъ конецъ которой погружаютъ въ ведро, поставленное на возвышеніи, или надѣваютъ на водопроводный кранъ. Выпускное отверстіе трубки должно быть очень мало для того, чтобы фонтанъ разбивался тонкими струйками; всего проще достигнуть этого, вставивъ въ свободный конецъ трубки кусочекъ карандаша, изъ котораго выдавленъ графитъ. Для удобства обращенія съ фонтаномъ, этотъ свободный конецъ укрѣпляютъ въ перевернутой воронкѣ, какъ показано на рис. 82.

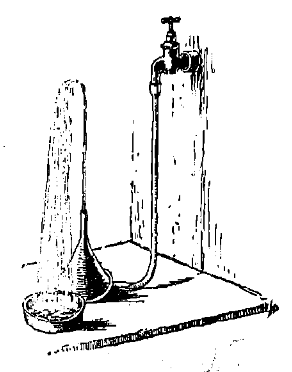


Рис. 82. Грозовой ливень въ миніатюрѣ.

Пустивъ такой фонтанъ, высотой въ аршинъ или немного менѣе, и направивъ струю вертикально вверхъ, приблизьте къ нему натертую сукномъ палочку сургуча или каучуковый гребень. Вы тотчасъ увидите довольно неожиданную вещь: отдѣльныя струйки ниспадающей части фонтана сливаются въ одну сплошную струю, которая съ замѣтнымъ шумомъ ударяетъ о дно подставленной тарелки. Шумъ этотъ напоминаетъ характерный шумъ грозового ливня. Удалите сургучъ—и фонтанъ тотчасъ же снова распылится, а характерный стукъ смѣнится мягкимъ шумомъ раздробленной струи.

Передъ непосвященными вы можете дѣйствовать палочкой сургуча, какъ фокусникъ своимъ волшебнымъ жезломъ.

Объясненіе столь неожиданнаго дѣйствія электрическаго заряда на фонтанъ довольно сложно. Оно основано на томъ, что наэлектризованная жидкость стремится увеличить свою поверхность. Легко замѣтить это, если наэлектризовать мыльный

пузырь: онъ при этомъ немного раздувается, т. е. общая поверхность его пленки увеличивается. Слѣдствіемъ же является уменьшеніе того, что физики называютъ «поверхностнымъ натяженіемъ» жидкости.

Теперь вамъ понятно будетъ приведенное далѣе объясненіе «электрическаго фонтана», которое заимствовано изъ курса электричества проф. Густава Ми, выдающагося современнаго физика:

«Разсматривая водяную струю, выходящую изъ маленькаго отверстія (фонтанъ), мы можемъ замѣтить, что она начинается въ видѣ длиннаго, гладкаго цилиндрическаго водяного столба, который на нѣкоторой высотѣ сначала становится негладкимъ (появляются перехваты), а затѣмъ распадается на капли. Причиной, вызывающей образованіе перехватовъ и раздробленіе на капли, является поверхностное натяженіе. Если осторожно приблизимъ къ водяной струѣ натертую эбонитовую палочку, то струя въ силу индукціи заряжается; подъ вліяніемъ заряда поверхностное натяженіе ея уменьшается. Водяной столбъ при этомъ становится сплошнымъ на гораздо большемъ протяженіи, чѣмъ раньше, и распадается позже, когда перехваты струи становятся особенно сильными, на небольшое число сравнительно крупныхъ капель».

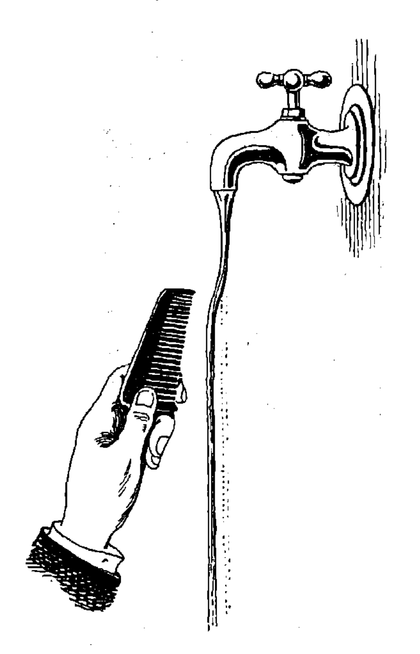


Рис. 83. Струя воды отклоняется подъ дѣйствіемъ наэлектризованнаго гребня.

Дѣйствіе электричества на водяную струю вы можете обнаружить и проще: достаточно приблизить проведенный по волосамъ каучуковый гребень къ тонкой струѣ воды, вытекающей изъ водопроводнаго крана: струя становится сплошной и замѣтно искривляется по направленію къ гребню, рѣзко отклонившись въ сторону (рис. 83).

Волшебныя струи.

Опытъ съ фонтаномъ можно нѣсколько видоизмѣнить, обставивъ его слѣдующимъ образомъ:

На горлышки двухъ обыкновенныхъ бутылокъ насаживаютъ каучуковые колпачки съ небольшими отверстіями, наполняютъ бутылки чистой, профильтрованной водой и наклоняютъ такъ, чтобы выходящія изъ нихъ струи сталкивались подъ острымъ угломъ. При этомъ струи не только не соединяются, какъ можно было ожидать, а напротивъ—отталкиваются другъ отъ друга. Но

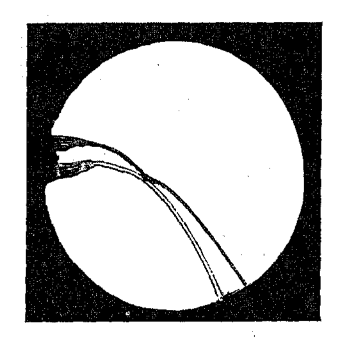


Рис. 84. Разъединенныя струи воды.

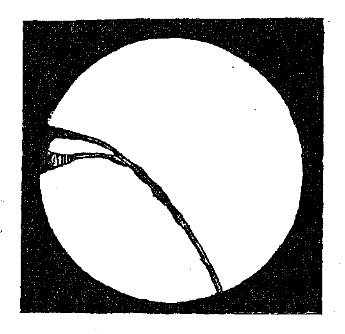


Рис. 85. Сліяніе наэлектризованныхъ струй.

стоитъ только на нѣкоторомъ разстояніи помѣстить натертый сургучъ, чтобы обѣ струи сразу же слились.

Для полученія столь замѣтнаго эффекта достаточно самаго слабаго заряда электричества. Чувствительность струи поразительна: она отвѣчаетъ на приближеніе сургучной палочки даже тогда, когда на ней сохраняются ничтожные слѣды электричества. Отсюда слѣдуетъ, между прочимъ, что водяной струей можно пользоваться въ качествѣ электроскопа.

Любопытенъ отзывъ объ этихъ опытахъ современнаго англійскаго физика Бойса:

«Они, до такой степени необычайны, что неосторожный человѣкъ, который рѣшился бы показать ихъ нѣсколько сотъ лѣтъ тому назадъ, подвергся бы самой сильной опасности быть сожженнымъ на кострѣ».

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

Свѣтъ и зрѣніе.

Невидимый человѣкъ.

Вы помните, конечно, «шапку-невидимку» нашихъ народныхъ сказокъ, которая обладала свойствомъ дѣлать человѣка, надѣвшаго ее, совершенно невидимымъ. Наука открыла Рентгеновы лучи, съ помощью которыхъ мы словно видимъ сквозь непрозрачныя тѣла; техника изобрѣла «коверъ-самолетъ»—аэропланъ—и много другихъ поистинѣ сказочныхъ вещей. Но «шапка-невидимка» еще никѣмъ не изобрѣтена.

Мыслимо ли изобрѣсти что-либо подобное? Не находится ли это въ противорѣчіи съ законами природы?

Въ романѣ «Невидимый» англійскій писатель Уэльсъ хочетъ убѣдить насъ, что возможность стать невидимымъ вполнѣ осуществима. Его герой (авторъ романа представляетъ намъ его, какъ «самаго геніальнаго физика, какого когда-либо видѣлъ міръ») открылъ способъ дѣлать человѣческое тѣло невидимымъ, и вотъ какъ излагаетъ онъ знакомому врачу основанія своего фантастическаго открытія:

«Видимость зависитъ отъ дѣйствія видимыхъ тѣлъ на свѣтъ. Вы знаете, что тѣла или поглощаютъ свѣтъ, или отражаютъ его, или преломляютъ. Если тѣло не поглощаетъ, не отражаетъ и не преломляетъ свѣта, оно не можетъ быть видимо само по себѣ. Видишь, напримѣръ, непрозрачный красный ящикъ потому, что краска поглощаетъ нѣкоторую долю свѣта и отражаетъ остальные простые лучи. Если бы ящикъ не поглощалъ никакой доли свѣта, а отражалъ бы его весь, онъ казался бы блестящимъ бѣлымъ ящикомъ, серебрянымъ. Бриллiантовый ящикъ поглощалъ бы мало свѣта, общая его поверх-

ность отражала бы его также немного; только мѣстами, на ребрахъ, свѣтъ отражался бы и преломлялся, давая намъ блестящую видимость сверкающихъ отраженій: нѣчто въ родѣ свѣтового скелета. Стеклянный ящикъ блестѣлъ бы меньше, былъ бы не такъ отчетливо виденъ, какъ брилліантовый, потому что въ немъ было бы меньше отраженій и меньше преломленій. Понимаете? Съ извѣстныхъ точекъ вы ясно видѣли бы сквозь него. Нѣкоторые сорта стекла были бы болѣе видимы, чѣмъ другіе: хрустальный ящикъ блестѣлъ бы сильнѣе ящика изъ обыкновеннаго оконнаго стекла. Ящикъ изъ очень тонкаго обыкновеннаго стекла при дурномъ освѣщеніи даже трудно было бы различить, потому что онъ не поглощалъ бы почти никакихъ лучей, а отраженіе и преломленіе были бы также очень слабы. Если же положить кусокъ обыкновеннаго бѣлаго стекла въ воду, и тѣмъ болѣе, если положить его въ какую-нибудь жидкость плотнѣе воды,—онъ исчезнетъ почти совершенно, потому что свѣтъ, попадающій сквозь воду на стекло, преломляется и отражается очень слабо и вообще не подвергается почти никакому воздѣйствію. Стекло становится столь же невидимымъ, какъ струя углекислоты или водорода въ воздухѣ,—и по той же самой причинѣ.

— Да, — сказилъ Кемпъ,— все это очень просто и въ наше время извѣстно всякому школьнику.

— А вотъ и еще фактъ, также извѣстный всякому школьнику. Если кусокъ стекла растолочь и превратить въ порошокъ, онъ становится гораздо болѣе замѣтнымъ въ воздухѣ,—онъ становится непрозрачнымъ бѣлымъ порошкомъ. Происходитъ это потому, что толченіе умножаетъ грани стекла, производящія отраженіе и преломленіе. У куска стекла только двѣ грани; а въ порошкѣ свѣтъ отражается и преломляется каждою пылинкой, черезъ которую проходитъ,—и сквозь порошокъ его проникаетъ очень мало.

«Но если бѣлое толченое стекло положить въ воду,—оно сразу исчезаетъ. Толченое стекло и вода имѣютъ приблизительно одинаковый показатель преломленія, такъ что, переходя отъ одного къ другому, свѣтъ преломляется и отражается очень мало.

«Положивъ стекло въ какую-нибудь жидкость съ почти одинаковымъ показателемъ преломленія, вы дѣлаете его невидимымъ: всякая прозрачная вещь становится невидимой, если ее помѣстить въ среду съ одинаковымъ показателемъ преломленія. Достаточно подумать самую малость, чтобы убѣдиться, что стекло можно сдѣлать невидимымъ и въ воздухѣ: надо устроить такъ, чтобы его показатель преломленія равнялся показателю воздуха, потому что тогда, переходя отъ стекла къ воздуху, свѣтъ не будетъ ни отражаться, ни преломляться вовсе.

— Да, да,—сказалъ Кемпъ.—Но вѣдь человѣкъ не то, что стекло.

— Нѣтъ, онъ прозрачнѣе.

— Вздоръ!

— И это говоритъ врачъ, естественникъ! Какъ все забывается, Боже мой! Неужели въ десять лѣтъ вы успѣли совсѣмъ забыть физику? Бумага, напримѣръ, состоитъ изъ прозрачныхъ волоконецъ; она бѣла

и непроницаема только потому, почему бѣлъ и непроницаемъ стеклянный порошокъ. Намаслите бѣлую бумагу, наполните масломъ промежутки между волоконцами, такъ чтобы преломленіе и отраженіе происходили только на поверхностяхъ,—и бумага станетъ прозрачной, какъ стекло. И не только бумага, но и волокна ваты, волокна полотна, волокна шерсти, волокна дерева, *кости, мясо, волосы, ногти* и нервы!

«Словомъ, весь составъ человѣка, кромѣ краснаго вещества въ его крови и темнаго пигмента волосъ, все состоитъ изъ прозрачной, безцвѣтной ткани; вотъ какъ немногое дѣлаетъ насъ видимыми другъ другу! По большей части фибры живого человѣка не менѣе прозрачны, чѣмъ вода».

Основываясь на этомъ, герой романа открылъ способъ дѣлать прозрачными всѣ ткани человѣческаго организма и даже его красящія вещества (пигменты). Онъ съ успѣхомъ примѣнилъ свое открытіе къ собственному тѣлу. Опытъ удался блестяще—изобрѣтатель сталъ совершенно невидимъ!

О дальнѣйшей судьбѣ этого невидимаго человѣка мы сейчасъ узнаемъ.

Могущество невидимаго.

Авторъ романа «Невидимый» съ необыкновеннымъ остроуміемъ и послѣдовательностью доказываетъ, что человѣкъ, сдѣлавшись прозрачнымъ и невидимымъ, пріобрѣтаетъ, благодаря этому, почти безграничное могущество. Такой человѣкъ можетъ незамѣтно проникать въ любое помѣщеніе и безнаказанно похищать любыя вещи; неуловимый, благодаря своей невидимости, онъ успѣшно борется съ цѣлой толпой вооруженныхъ людей. Угрожая всѣмъ видимымъ людямъ неизбѣжною тяжкою карою, невидимый человѣкъ держитъ въ страхѣ и въ полномъ подчиненіи населеніе цѣлаго города. Неуловимый и неуязвимый, онъ въ то же время имѣетъ полную возможность вредить всѣмъ остальнымъ людямъ: какъ бы ни ухитрялись они защищаться, невидимый врагъ рано или поздно настигаетъ ихъ и поражаетъ. Столь исключительное положеніе среди прочихъ людей даетъ герою англійскаго романа возможность обращаться къ устрашенному населенію своего города съ приказами такого, напримѣръ, содержанія:

«Городъ отнынѣ уже не подъ властью королевы! Скажите это вашему полковнику, полиціи и всѣмъ: онъ подъ моею

властью! Нынѣшній день — первое число перваго года новой эры, эры Невидимаго! Я—Невидимый Первый. Сначала правленіе мое будетъ милостиво. Въ первый день будетъ всего одна казнь, ради примѣра,—казнь человѣка, имя котораго—Кемпъ. Сегодня его постигнетъ смерть. Пусть запирается, пусть прячется, пусть окружитъ себя стражей, пусть закуетъ себя въ броню,—смерть, невидимая смерть идетъ къ нему! Пусть принимаетъ мѣры предосторожности,—это произведетъ впечатлѣніе на мой народъ. Смерть идетъ къ нему! Не помогай ему, народъ мой, чтобы и тебя не постигла смерть».

И на первыхъ порахъ невидимый человѣкъ торжествуетъ. Лишь съ величайшимъ трудомъ удается запуганному населенію справиться съ невидимымъ врагомъ, мечтавшимъ сдѣлаться его властелиномъ.

Въ романѣ все предусмотрѣно и обдумано авторомъ съ такою тщательностью, что невольно поддаешься безупречной убѣдительности описываемыхъ событій. Кажется, что невидимый человѣкъ въ самомъ дѣлѣ долженъ быть могущественнѣйшимъ изъ смертныхъ...

Но это не такъ. Есть одно маленькое обстоятельство, которое упустилъ остроумный и ученый авторъ «Невидимаго». Это вопросъ о томъ—

Можетъ ли невидимый видѣть?

Если бы Уэльсъ задалъ себѣ этотъ вопросъ, прежде чѣмъ написать свой романъ, изумительная исторія «Невидимаго» никогда не была бы написана...

Въ самомъ дѣлѣ: здѣсь разрушается вся иллюзія могущества невидимаго человѣка. *Невидимый долженъ быть слѣпъ!*

Непреложные законы оптики учатъ, что иначе и быть не можетъ. Отчего герой романа невидимъ? Оттого, что всѣ части его тѣла—въ томъ числѣ и глаза—сдѣлались прозрачными, и показатель ихъ преломленія равенъ показателю преломленія воздуха.

Вспомнимъ, въ чемъ состоитъ роль глаза: его хрусталикъ, стекловидная влага и другія части преломляютъ лучи свѣта такъ, что на сѣтчатой оболочкѣ получается изображеніе внѣшнихъ предметовъ. Но если преломляемость глаза и воздуха со-

вершенно одинаковы, то тѣмъ самымъ устраняется единственная причина, вызывающая преломленіе: переходя изъ одной среды въ другую, *равной преломляемости*, лучи свѣта не мѣняютъ своего направленія, а потому не могутъ и собираться въ одну точку. Свѣтовые лучи должны проходить черезъ глаза невидимаго человѣка совершенно безпрепятственно, не преломляясь и не задерживаясь въ нихъ (въ виду отсутствія пигмента), —слѣдовательно, они не могутъ вызывать въ его сознаніи никакого образа.

Итакъ, *невидимый человѣкъ самъ ничего не можетъ видѣть!* Всѣ его преимущества оказываются для него безполезными. Вмѣсто могущественнѣйшаго изъ смертныхъ, герой Уэльса превратился бы въ безпомощнаго калѣку, который даже не смогъ бы собирать милостыни, потому что никто бы его не замѣтилъ...

Человѣческій глазъ подъ водой.

Вообразите, что вамъ дана возможность оставаться подъ водой сколько угодно времени и что вы можете при этомъ держать глаза открытыми. Могли ли бы вы видѣть что-нибудь при такихъ условіяхъ?

Вопросъ кажется страннымъ: вѣдь вода прозрачна, и слѣдовательно, казалось бы, ничто не можетъ мѣшать намъ видѣть подъ водой такъ же хорошо, какъ и въ воздухѣ. Однако, это не вѣрно.

Вспомните о слѣпотѣ «невидимаго человѣка»! Онъ вѣдь тоже находится въ прозрачной средѣ — и все-таки не въ состояніи видѣть, потому что показатели преломленія его хрусталика и воздуха одинаковы. Подъ водой мы находимся приблизительно въ тѣхъ же условіяхъ, какъ и Уэльсовъ «невидимый человѣкъ» въ воздухѣ. Обратимся къ цыфрамъ: дѣло станетъ яснѣе. Показатель преломленія воды = 1,34. А каковы показатели преломленія прозрачныхъ срединъ человѣческаго глаза? Вотъ они:

Роговой оболочки и стекловиднаго тѣла	1,34
Хрусталика	1,43
Водянистой влаги	1,34

Вы видите, что преломляющая способность хрусталика всего на $^1/_{10}$ сильнѣе, чѣмъ у воды, а у остальныхъ частей нашего глаза она *одинакова* съ преломляемостью воды. Поэтому подъ водой въ глазу человѣка фокусъ лучей получается далеко позади сѣтчатой оболочки, и, слѣдовательно, на самой сѣтчаткѣ изображенiе должно вырисовываться настолько смутно, что различить что-либо почти невозможно. Можно отличить только свѣтъ отъ темноты.

Если хотите наглядно представить себѣ, какъ должны рисоваться намъ вещи подъ водой,—надѣньте очки съ сильно разсѣивающими двояковогнутыми стеклами: тогда фокусъ лучей, преломляющихся въ глазу, отодвинется далеко за сѣтчатку, и мiръ предстанетъ предъ вами въ неясныхъ, туманныхъ образахъ.

А можетъ ли человѣкъ подъ водой помочь своему зрѣнiю, пользуясь сильно преломляющими стеклами?

Можетъ,—но обыкновенныя стекла, употребляемыя для очковъ, мало пригодны здѣсь: показатель преломленiя простого стекла 1,4—т. е. лишь весьма немногимъ больше, чѣмъ у воды (1,34); такiя очки будутъ очень слабо преломлять подъ водой. Нужны стекла особаго сорта, отличающiяся чрезвычайно сильной преломляемостью (такъ наз. «тяжелый флинтгласъ» имѣетъ показатель преломленiя почти равный 2-мъ). Съ такими очками мы могли бы, пожалуй, болѣе или менѣе отчетливо видѣть кое-что подъ водой.

Для васъ теперь, вѣроятно, станетъ вполнѣ понятнымъ, почему у рыбъ хрусталикъ имѣетъ чрезвычайно выпуклую форму (онъ шарообразенъ) и показатель его преломленiя—самый большой изъ всѣхъ, какiе намъ извѣстны въ глазахъ животныхъ. Не будь этого, глаза были бы почти безполезны рыбамъ, обреченнымъ на жизнь въ сильно преломляющей прозрачной средѣ.

Какъ видятъ водолазы?

Многiе, вѣроятно, спросятъ, какъ же могутъ водолазы, работающiе въ своихъ костюмахъ, видѣть что-либо подъ водой, если наши глаза въ водѣ почти не преломляютъ лучей свѣта? Вѣдь водолазные шлемы всегда снабжаются плоскими, а не выпуклыми стеклами... Далѣе,—какъ могли пассажиры Жюль-Вер-

новаго «Наутилуса» любоваться черезъ окно своей подводной каюты ландшафтомъ подводнаго міра?

Передъ нами новая задача, которую, впрочемъ, не трудно рѣшить. Отвѣтъ станетъ ясенъ, если принять во вниманіе, что когда мы находимся подъ водой безъ водолазнаго костюма, вода *непосредственно* прилегаетъ къ нашему глазу; въ водолазномъ же шлемѣ или въ каютѣ подводной лодки нашъ глазъ *отдѣленъ отъ воды слоемъ воздуха* (и стекла). Это мѣняетъ все дѣло. Лучи свѣта, выходя изъ воды и пройдя черезъ стекло, попадаютъ сначала въ воздухъ и лишь отсюда проникаютъ въ глазъ. Падая изъ воды на *плоское* стекло подъ прямымъ угломъ, лучи выходятъ изъ стекла не мѣняя направленія; но далѣе, при переходѣ изъ воздуха въ глазъ, лучи, конечно, преломляются—и глазъ нашъ при этихъ условіяхъ дѣйствуетъ совершенно такъ же, какъ и на сушѣ. Въ этомъ и кроется разгадка смутившаго насъ противорѣчія.

Новые Робинзоны.

Безъ сомнѣнія, вы читали, какъ герои романа Жюля Верна «Таинственный Островъ», заброшенные на необитаемую землю, добыли огонь безъ спичекъ и огнива. Робинзону явилась на помощь молнія, зажегшая дерево,—новымъ же Робинзонамъ Жюля Верна помогла находчивость инженера Смита и твердое знаніе имъ законовъ оптики. Онъ нашелъ простой и вѣрный способъ добыть огонь почти непосредственно отъ солнца. Помните, какъ удивился наивный морякъ Пенкрофъ, когда возвратившись съ охоты, нашелъ инженера и журналиста передъ пылающимъ костромъ:

«— Но кто же зажегъ огонь?—спросилъ морякъ.

«— Солнце,—отвѣтилъ Спилеттъ.

«Журналистъ не шутилъ. Дѣйствительно, солнце доставило огонь, которымъ такъ восторгался морякъ. Онъ не вѣрилъ своимъ глазамъ и до того былъ изумленъ, что даже позабылъ спросить инженера, какимъ путемъ онъ заставилъ работать солнце.

«— Значитъ, у васъ было зажигательное стекло, мистеръ Смитъ?—спросилъ Гербертъ.

«— Нѣтъ, но я его изготовилъ.

«И онъ его показалъ. Это были просто два стекла, снятые инженеромъ со своихъ часовъ и часовъ Спилетта. Онъ соединилъ ихъ края, предварительно наполнивъ водою,—и такимъ образомъ получилась настоящая зажигательная чечевица, помощью которой, сосредоточивъ солнечные лучи на сухомъ мхѣ, инженеръ добылъ огонь».

Я думаю, читатель пожелаетъ узнать, зачѣмъ заполнять водою пространство между часовыми стеклами: развѣ пустая (т. е. наполненная воздухомъ) двояковыпуклая чечевица не есть зажигательное стекло?

Въ томъ-то и дѣло, что нѣтъ. Обыкновенное часовое стекло ограничено двумя параллельными (вѣрнѣе—концентрическими) поверхностями—наружной и внутренней; а мы знаемъ изъ физики, что лучъ свѣта, проходя черезъ среду, ограниченную параллельнымъ поверхностями, не измѣняетъ своего направленія. Проходя затѣмъ черезъ второе часовое стекло, лучи опять-таки не уклоняются отъ первоначальнаго направленія и, слѣдовательно, не собираются въ фокусѣ. Необходимо, значитъ, заполнить пространство между стеклами какимъ-нибудь прозрачнымъ веществомъ — безразлично какимъ, только бы оно сильнѣе преломляло лучи, нежели воздухъ. Такъ и поступилъ Жюль-Верновскій инженеръ.

Обыкновенный графинъ съ водой, если онъ имѣетъ шарообразную форму, также можетъ служить зажигательной чечевицей. Это знали уже древніе, которые замѣтили и то, что сама вода при этомъ остается холодной. Случалось даже, что стоящій на открытомъ окнѣ графинъ съ водой зажигалъ занавѣски. Огромныя бутыли съ водой, которыя, по старинному обычаю, украшаютъ обыкновенно витрины аптекъ, бывали иногда причиной настоящихъ катастрофъ, вызывая взрывъ легко воспламеняющихся веществъ.

Впрочемъ, въ послѣднее время, ради предосторожности, въ аптечныхъ витринахъ стали помѣщать сосуды иной формы—плоскіе и при томъ съ граненымъ узоромъ; такой сосудъ не собираетъ солнечныхъ лучей въ одну точку и потому безопасенъ въ пожарномъ отношеніи.

Необыкновенная причина пожара.

Какъ неожиданны и странны бываютъ подчасъ причины пожаровъ, показываетъ слѣдующій крайне любопытный разсказъ очевидца *).

«Это было давно, — кажется, въ 1877 году — въ Архангельскѣ. Зайдя однажды къ своему знакомому, я невольно обратилъ вниманіе на то, что въ его столовой буфетъ былъ переставленъ на другое мѣсто, къ другой стѣнѣ, а на нижней дверкѣ этого буфета ясно выступала совершенно обуглившаяся полоса въ видѣ пологой дуги шириною приблизительно въ палецъ.

«Я спросилъ хозяина, что это значитъ.

«А вотъ, видите ли,—отвѣчалъ онъ, — вчера у меня чуть пожаръ не случился.

«—Почему.

«—А вотъ, полюбуйтесь.

«Съ этими словами онъ подвелъ меня къ окну, которое выходило на югъ, и указалъ на замѣтную въ немъ неровность. Стекло было не изъ дорогихъ, самое простое оконное стекло, и на немъ въ одномъ мѣстѣ было нѣчто въ родѣ пузыря, діаметромъ около двухъ дюймовъ. Эта неровность игрою случая получила форму двояко-выпуклаго стекла, и фокусъ этой линзы былъ какъ разъ равенъ разстоянію отъ окна до буфета, когда онъ стоялъ на старомъ мѣстѣ.

«И вотъ, въ одинъ изъ ясныхъ дней, солнце, совершая свой дневной путь, очень низкій надъ горизонтомъ (полуденная высота солнца въ Архангельскѣ въ декабрѣ мѣсяцѣ равна всего лишь 4°), своими лучами, проходившими черезъ эту случайную чечевицу, выжгло на нижней дверкѣ буфета борозду. Пожаръ не случился, быть можетъ, только потому, что буфетъ былъ изъ твердаго дерева (корельской березы), а будь это ель, кедръ или какое-либо другое смолистое и мягкое дерево, оно, весьма возможно, вспыхнуло бы.

---

*) М. Е. Жданко. Сообщеніе было напечатано въ 1912 году въ журналѣ «Природа и Люди».

«Я тогда же подумалъ: какая масса пожаровъ можетъ случиться отъ подобной же причины въ нашихъ деревняхъ, гдѣ стекла въ окнахъ самыя отвратительныя, неровныя, а въ хатахъ масса тряпья, стружекъ и другого легко-воспламеняющагося хлама! И очень можетъ быть, что немало пожаровъ, причины которыхъ остались невыясненными, загадочными, обязаны своимъ возникновеніемъ именно дурнымъ оконнымъ стекламъ».

Отъ себя замѣтимъ, что такіе пузыри въ оконномъ стеклѣ могутъ вызвать воспламененіе лишь тѣхъ предметовъ, которые находятся въ небольшомъ отдаленіи отъ окна, потому что фокусное разстояніе подобныхъ чечевицъ бываетъ невелико—не болѣе одного или полутора аршина.

Какъ добыть огонь помощью льда?

Ледъ, если онъ достаточно прозраченъ, можетъ послужить матеріаломъ для двояковыпуклой линзы, а слѣдовательно, и для добыванія огня; при томъ преломляя тепловые лучи, ледъ самъ не нагрѣвается и не таетъ. Показатель преломленія льда лишь немногимъ меньше, чѣмъ у воды, и если, какъ мы видѣли, можно добыть огонь помощью шара, наполненнаго водою, то вполнѣ возможно сдѣлать это и помощью чечевицы изъ льда.

Такая ледяная чечевица сослужила хорошую службу въ Жюль-Верновомъ «Путешествіи капитана Гаттераса». Докторъ Клаубонни именно такимъ образомъ зажегъ костеръ, когда путники потеряли огниво и очутились безъ огня при страшномъ морозѣ въ 48 градусовъ.

«—Это большая непріятность, — сказалъ Гаттерасъ доктору.

«—Да,—отвѣчалъ тотъ.

«—У насъ нѣтъ даже подзорной трубы, съ которой мы могли бы снять чечевицу и добыть огня.

«—Знаю,—отвѣтилъ докторъ, — и очень жаль, что нѣтъ; солнечные лучи достаточно сильны, чтобы зажечь трутъ.

«—Придется утолить голодъ сырой медвѣжатиной,—замѣтилъ Гаттерасъ.

«—Да,—задумчиво,—проговорилъ докторъ,—въ крайнемъ случаѣ. Но отчего бы намъ не...

« -Что вы задумали?—полюбопытствовалъ Гаттерасъ.

«—Мнѣ пришла въ голову мысль...

«—Мысль?—воскликнулъ боцманъ. — Если вы что-нибудь придумали, значитъ, мы спасены.

«—Богъ знаетъ, еще какъ удастся,—колебался докторъ.

«—Что же вы придумали?—спросилъ Гаттерасъ.

«—У насъ нѣтъ чечевицы, но мы ее сдѣлаемъ.

«—Какъ?—поинтересовался боцманъ.

«—Отшлифуемъ изъ куска льда.

«—Неужели вы полагаете...

«—Отчего бы и нѣтъ? Вѣдь нужно только, чтобы лучи сходились въ одной точкѣ и образовали фокусъ, а для этой цѣли ледъ можетъ замѣнить намъ лучшій хрусталь. Только я предпочелъ бы кусочекъ прѣсноводнаго льда, онъ крѣпче и прозрачнѣе.

«—Вотъ эта ледяная глыба,--указалъ Джонсонъ на льдину шагахъ въ ста отъ путешественниковъ, — судя по цвѣту, есть какъ разъ то, что вамъ надо.

«—Правда. Возьмите-ка, Джонсонъ, свой топоръ. Пойдемте, друзья мои.

«Всѣ трое направились къ указанной ледяной глыбѣ. Дѣйствительно, ледъ оказался прѣсноводнымъ.

«Докторъ велѣлъ отрубить кусокъ льда, имѣющій футъ въ діаметрѣ, и началъ обравнивать его топоромъ. Потомъ онъ отдѣлалъ его ножомъ, наконецъ, отшлифовалъ просто рукою. Получилась прозрачная чечевица, словно она была не изъ льда, а изъ лучшаго хрусталя.

«Солнце было довольно яркое. Докторъ подвергъ ледяную чечевицу дѣйствію его лучей и направилъ ихъ на трутъ. Черезъ нѣсколько часовъ трутъ загорѣлся».

Разсказъ Жюля Верна—не фантазія: опыты зажиганія дерева при помощи ледяной чечевицы неоднократно производились съ полнымъ успѣхомъ. Конечно, трудновато изготовить *прозрачную* ледяную чечевицу помощью такихъ примитивныхъ средствъ, какъ топоръ, ножъ и «просто рука» (при 48-градусномъ морозѣ!),—но все же возможно.

Если пожелаете продѣлать этотъ опытъ, не забывайте, что онъ удается лишь въ ясный день и на открытомъ воздухѣ: оконное стекло задерживаетъ тепловые лучи.

«Зеленый лучъ».

«Наблюдали вы когда-нибудь солнце, заходящее за горизонтъ моря! Да, безъ сомнѣнія. Прослѣдили ли вы за нимъ до того момента, когда верхній край диска соприкасается съ линіей воды и затѣмъ исчезаетъ? Вѣроятно, да. Но замѣтили ли вы явленіе, которое происходитъ какъ разъ въ то мгновеніе, когда лучезарное свѣтило бросаетъ свой послѣдній лучъ, если при этомъ небо освобождается отъ облачной мути и бываетъ совершенно чисто? Быть можетъ, нѣтъ. Если такъ, то при первомъ случаѣ,—а онъ бываетъ очень рѣдко—когда вамъ удастся сдѣлать подобное наблюденіе, въ вашъ глазъ ударитъ не красный лучъ, а зеленый, особеннаго дивнаго зеленаго цвѣта, такого, какой ни одинъ художникъ не можетъ получить на своей палитрѣ, какого сама природа не воспроизводитъ ни въ разнообразныхъ оттѣнкахъ растительности, ни въ цвѣтѣ самыхъ прозрачныхъ морей. Если въ раю существуетъ зеленый цвѣтъ, то, конечно, онъ не можетъ быть иного оттѣнка, какъ именно такого,—истиннаго зеленаго цвѣта надежды».

Такого рода замѣтка въ одной англійской газетѣ привела въ восторженное состояніе молодую героиню извѣстнаго романа Жюля Верна «Зеленый лучъ» и побудила ее предпринять цѣлый рядъ путешествій съ единственною цѣлью — увидѣть зеленый лучъ собственными глазами. Мы знаемъ изъ романа, что юной шотландкѣ такъ и не пришлось увидѣть этого любопытнаго явленія природы. Но зеленый лучъ тѣмъ не менѣе существуетъ. Это вовсе не миѳъ, — хотя съ нимъ и связано много легендарнаго. Нѣтъ, «зеленый лучъ» — явленіе, которымъ можетъ восхищаться всякій любитель природы, если будетъ искать его съ должнымъ терпѣніемъ.

Почему появляется «зеленый лучъ»?

Вы легко поймете причину этого явленія, если вспомните, въ какомъ видѣ представляются намъ предметы, когда мы смотримъ на нихъ черезъ стеклянную призму. Продѣлайте этотъ опытъ: держите призму у глаза горизонтально, однимъ изъ реберъ вверхъ и разсматривайте черезъ нее листокъ бумаги на стѣнѣ. Вы увидите, что бумажный листокъ, во-первыхъ, при

поднялся выше своего истиннаго положенія, а во-вторыхъ, имѣетъ синюю кайму вверху и желто-красную внизу. Первое зависитъ отъ преломленія, второе отъ *свѣторазсѣянія*, т. е. отъ свойства призмы неодинаково преломлять лучи разнаго цвѣта. Синіе лучи преломляются сильнѣе прочихъ,—поэтому мы видимъ вверху синюю кайму; красные лучи преломляются слабѣе всѣхъ другихъ—и мы видимъ внизу красную кайму *).

По отношенію къ нашему глазу земная атмосфера—это какъ бы огромная воздушная призма, обращенная своимъ основаніемъ внизъ. Когда мы смотримъ на солнце, то видимъ его словно черезъ призму. Дискъ его также получаетъ вверху синезеленую кайму, внизу—красно-желтую. Если солнце стоитъ

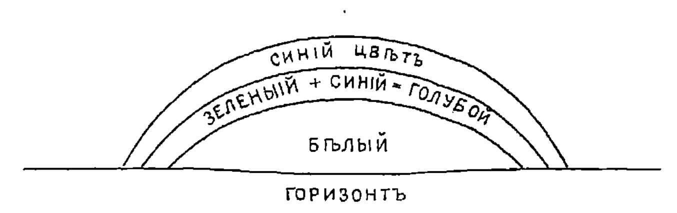


Рис. 86. Цвѣтная кайма у верхняго края заходящаго Солнца.

выше горизонта, свѣтъ диска своею яркостью затмеваетъ цвѣтныя каемки, и потому мы не замѣчаемъ ихъ. Но въ моменты восхода и захода солнца, когда почти весь дискъ вмѣстѣ съ нижней красной каймой скрытъ подъ горизонтомъ, мы можемъ видѣть синюю кайму. Кайма эта двойная: выше расположенъ синій цвѣтъ, ниже—голубой, получающійся отъ смѣшенія синихъ и зеленыхъ лучей. Когда воздухъ у горизонта совершенно чистъ и прозраченъ (это бываетъ очень и очень рѣдко) мы видимъ синюю кайму — «синій лучъ». Но чаще синіе лучи поглощаются атмосферой—тогда остается только зеленая кайма, и мы видимъ «зеленый лучъ». Наконецъ, еще чаще поглощаются атмосферой и синіе и зеленые лучи—тогда никакой каемки не видно: солнце закатывается, какъ багровый шаръ.

*) Призма разлагаетъ бѣлый свѣтъ, исходящій отъ бумаги, на всѣ цвѣта спектра, давая множество изображеній разнаго цвѣта, расположенныхъ въ порядкѣ преломляемости. Но всѣ эти изображенія, налагаясь одно на другое, даютъ бѣлый цвѣтъ; только вверху и внизу остается по неприкрытой каемкѣ.

Какъ искать «зеленый лучъ»?

Итакъ, чтобы увидѣть «зеленый лучъ», нужно наблюдать солнце въ моментъ заката или восхода при очень чистомъ небѣ и благопріятныхъ атмосферныхъ условіяхъ. Въ южныхъ странахъ небо прозрачнѣе, чѣмъ у насъ, но солнце тамъ въ моментъ восхода и захода движется быстрѣе, чѣмъ въ нашихъ широтахъ, такъ какъ круче опускается подъ горизонтъ (у насъ оно движется болѣе косвенно); понятно, что синяя кайма исчезаетъ тамъ быстрѣе, чѣмъ въ нашихъ широтахъ. У тропиковъ явленіе «зеленаго луча» длится не болѣе полусекунды. На широтѣ Петрограда «зеленый лучъ» можно наблюдать весной и осенью въ теченіе цѣлой секунды, а лѣтомъ и зимой—до 1½ секундъ. Чѣмъ далѣе къ сѣверу, тѣмъ все дольше и дольше можетъ длиться это рѣдкое явленіе. Близъ полярнаго круга, гдѣ солнце въ моменты лѣтняго и зимняго солнцестоянія въ полночь и полдень скользитъ краемъ вдоль горизонта, «зеленый лучъ» можно видѣть даже въ теченіе нѣсколькихъ минутъ.

При желаніи полюбоваться имъ, поѣзжайте къ 9-му іюню въ Торнео (пограничный городъ Финляндіи и Швеціи) или въ городъ Мезень, Архангельской губерніи, и внимательно слѣдите здѣсь около полуночи за движеніемъ солнца. Если погода будетъ благопріятствовать вамъ, вы будете вознаграждены за свои хлопоты рѣдкимъ зрѣлищемъ «зеленаго луча» поразительной чистоты и дивной красоты.

Астрономъ Пулковской обсерваторіи Г. А. Тиховъ,—изъ статьи котораго *) заимствованы приводимыя здѣсь указанія,—даетъ такой совѣтъ искателямъ «зеленаго луча»:

«Если окажется, что солнце не совсѣмъ прячется за горизонтомъ, то нужно быстро удаляться къ югу; если же солнце опустится слишкомъ глубоко, то надо быстро двигаться къ сѣверу,—и тогда, при благопріятныхъ атмосферныхъ условіяхъ можно вдоволь налюбоваться «зеленымъ лучомъ».

«Если же быстраго движенія осуществить нельзя, то лучше расположиться верстъ на 10—20 южнѣе указанной широты, и тогда «зеленый лучъ» будетъ виденъ два раза съ небольшимъ

*) «Зеленый лучъ», журналъ «Природа» (Москва), 1913 г., мартъ.

перерывомъ, а именно—во время заката солнца и во время восхода. Но даже если помѣститься и немного сѣвернѣе указанной широты, то достаточно подождать нѣсколько дней, чтобы солнце приблизилось слегка къ небесному экватору, и тогда можно будетъ видѣть длительный «зеленый лучъ».

Тотъ же изслѣдователь приводитъ нѣкоторыя примѣты относительно видимости зеленаго луча: «Если солнце имѣетъ при закатѣ красный цвѣтъ, и на него легко смотрѣть простымъ глазомъ, то можно съ увѣренностью сказать, что «зеленаго луча» не будетъ. Наоборотъ, если солнце мало измѣнило свой обычный бѣловато-желтый цвѣтъ и заходитъ очень яркимъ, то можно съ большой вѣроятностью ожидать «зеленаго луча». Но тутъ какъ разъ важно, чтобы горизонтъ представлялъ рѣзкую линію, безъ всякихъ неровностей, близкаго лѣса, построекъ и т. п. Эти условія всего лучше выполняются на морѣ; вотъ почему зеленый лучъ такъ хорошо извѣстенъ морякамъ».

«Красный лучъ».

Когда солнце у горизонта, можно видѣть не только «зеленый лучъ»,—мыслимо наблюдать также и «красный лучъ», т. е. ту красную полоску, которая окаймляетъ солнечный дискъ съ *нижней* стороны. Но какъ достичь того, чтобы блескъ всего диска не поглощалъ этого «краснаго луча»?



Рис. 87. Цвѣтная кайма у нижняго края заходящаго Солнца.

Астрономъ Г. А. Тиховъ считаетъ это возможнымъ при такой обстановкѣ:

«При восходѣ солнца небо близъ горизонта совершенно ясно, а очень близко отъ него тучи съ рѣзкимъ и темнымъ

нижнимъ краемъ, каковы бываютъ грозовыя тучи. Скрываясь при поднятіи за эту тучу, солнце въ послѣдній моментъ дало бы явленіе «краснаго луча». То же явленіе, но въ обратномъ порядкѣ, произошло бы, если бы солнце вышло, близко къ закату, изъ-за рѣзкаго края тучи. Первымъ лучомъ былъ бы красный, который затѣмъ перешелъ бы въ желтый и, наконецъ, въ бѣлый. Наконецъ, можно представить себѣ регулярныя наблюденія «краснаго луча» въ слѣдующихъ условіяхъ. Наблюдатель располагается на такомъ разстояніи отъ большого моста, тріумфальной арки, сквозной колоннады съ кровлей и т. п., чтобы верхняя горизонтальная часть этой постройки могла совершенно закрыть солнце, находящееся близъ горизонта, но такъ, чтобы между нижнимъ краемъ ея и горизонтомъ было видно еще небо. Тогда вечеромъ, въ моментъ выхода солнца изъ-подъ постройки, можно увидѣть «красный лучъ». Если же наблюденіе производится утромъ, при поднятіи солнца, то при скрываніи его за эту постройку послѣднимъ лучомъ будетъ красный».

Искусство разсматривать фотографіи.

Нехитрое, казалось бы, дѣло: взять снимокъ въ руки, поднести къ глазамъ и смотрѣть на него. Однако, не только публика, но даже и большинство фотографовъ,—профессіоналовъ и любителей,—обыкновенно разсматриваетъ снимки *совсѣмъ не такъ, какъ надо.* Можно безъ преувеличенія сказать, что людей, умѣющихъ правильно взглянуть на фотографію, гораздо меньше, чѣмъ умѣющихъ ее изготовить. Вотъ уже три четверти вѣка, какъ стало извѣстно искусство фотографіи. Снимки успѣли сдѣлаться обыкновеннѣйшими предметами нашего повседневнаго обихода,—и тѣмъ не менѣе странно сказать: большинство людей не знаетъ, какъ собственно слѣдуетъ разсматривать фотографическіе снимки!

Для того, чтобы фотографическій снимокъ при разсматриваніи давалъ впечатлѣніе глубины и натуральности, необходимо правильно помѣстить его относительно нашего глаза. Всѣ охотно признаютъ это для снимковъ стереоскопическихъ, но мало кто знаетъ, что то же условіе должно быть выполнено также для обыкновенныхъ фотографій.

По своему устройству фотографическая камера это—большой глазъ; то, что рисуется на его матовомъ стеклѣ, зависитъ отъ разстоянія между объективомъ и снимаемыми предметами. Фотографическій аппаратъ закрѣпляетъ на пластинкѣ тотъ перспективный видъ, который представился бы нашему глазу (*одному* глазу!), помѣщенному на мѣстѣ объектива. Отсюда слѣдуетъ, что разъ мы желаемъ получить отъ снимка такое же зрительное впечатлѣніе, какъ и отъ самой натуры, мы должны:

1) разсматривать снимокъ *только однимъ глазомъ*, и —
2) держать снимокъ *на надлежащемъ разстояніи отъ глаза.*

Когда полезно смотрѣть однимъ глазомъ?

Совсѣмъ не такъ трудно понять, что, разсматривая снимокъ двумя глазами, мы непремѣнно должны увидѣть передъ собой *плоскую* картину, а не изображеніе, имѣющее *глубину*. Это съ необходимостью вытекаетъ изъ особенностей нашего зрѣнія. Когда мы смотримъ на какой-нибудь тѣлесный предметъ, на сѣтчаткахъ нашихъ глазъ получаются *неодинаковыя* изображенія: правый глазъ видитъ не совсѣмъ то самое, что рисуется лѣвому (рис. 88). Неодинаковость изображеній и есть, въ сущности, главная причина того, что предметы представляются намъ тѣлесными: наше сознаніе сливаетъ оба неодинаковыхъ впечатлѣнія въ одинъ *рельефный* образъ (на этомъ, какъ извѣстно, основано устройство стереоскопа). Иное дѣло—когда передъ нами *плоскій* предметъ, напримѣръ, поверхность стѣны: тогда оба глаза получаютъ вполнѣ тождественныя впечатлѣнія; эта одинаковость и является для сознанія признакомъ плоскостнаго протяженія предмета.

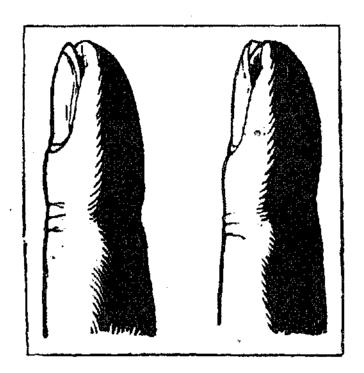


Рис. 88. Палецъ рисуется неодинаково для праваго и лѣваго глаза.

Теперь ясно, какую грубую ошибку дѣлаемъ мы тѣмъ, что разсматриваемъ фотографіи *двумя* глазами: вѣдь этимъ мы сами навязываемъ своему сознанію нежелательное убѣжденіе, что пе-

редъ нимъ именно плоская картина, безъ всякой перспективы! Когда мы предлагаемъ обоимъ глазамъ снимокъ, предназначенный только для одного, мы словно нарочно сами себѣ мѣшаемъ видѣть то, что должна дать намъ фотографія; вся иллюзія, въ такомъ совершенствѣ создаваемая фотографической камерой, разрушается этимъ комическимъ промахомъ.

Какъ часто мы бранимъ фотографіи за то, что онѣ безжизненны и плоски,—а между тѣмъ мы виноваты въ этомъ сами, такъ какъ не умѣемъ на нихъ правильно взглянуть!

На какомъ разстояніи надо держать фотографію?

Столь же важно и второе правило,—держать снимокъ на надлежащемъ разстояніи отъ глаза; въ противномъ случаѣ нарушается правильная перспектива.

Каково же должно быть это разстояніе?

Безъ сомнѣнія, всѣмъ ясно, что для полученія надлежащаго впечатлѣнія надо разсматривать снимокъ подъ тѣмъ же угломъ зрѣнія, подъ какимъ объективъ аппарата «видѣлъ» снимаемые

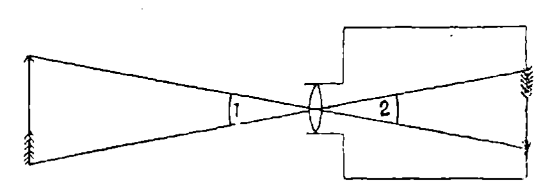


Рис. 89. Въ фотографическомъ аппаратѣ уголъ (1) равенъ углу (2), т. е. предметъ и его изображеніе видны изъ объектива подъ одинаковыми углами.

предметы. Отсюда слѣдуетъ, что надо приблизить снимокъ къ глазу на разстояніе, которое во столько же разъ меньше разстоянія предмета отъ объектива, во сколько разъ изображеніе предмета меньше натуральной величины. Разстояніе это приблизительно равно фокусной длинѣ объектива (или глубинѣ камеры, т. е. разстоянію отъ центра діафрагмы до матоваго стекла *).

*) Для камеръ съ такъ называемымъ «телеобъективомъ» это правило непримѣнимо.

Если примемъ во вниманіе, что въ большинствѣ любительскихъ аппаратовъ фокусное разстояніе равно 12—15 сантиметрамъ, то поймемъ, что мы никогда не разсматриваемъ такихъ снимковъ на требуемомъ разстояніи отъ глаза: разстояніе яснаго зрѣнія для нормальнаго глаза почти вдвое болѣе указаннаго (25 сантиметровъ).

Только близорукіе люди, съ короткимъ разстояніемъ яснаго зрѣнія, могутъ доставить себѣ удовольствіе любоваться тѣмъ эффектомъ, который даетъ обыкновенный снимокъ при правильномъ разсматриваніи (однимъ глазомъ). Держа фотографію на разстояніи 12—15 сант. отъ глаза, они видятъ передъ собой не плоскую картину, а рельефный образъ, въ которомъ передній планъ отчетливо отдѣляется отъ задняго, почти какъ въ стереоскопѣ.

Теперь читатель, надѣюсь, согласится, что въ большинствѣ случаевъ мы только по собственному невѣдѣнію не получаемъ отъ фотографическихъ снимковъ въ полной мѣрѣ того удовольствія, какое они могутъ намъ доставить, и часто напрасно жалуемся на ихъ безжизненность. Все дѣло въ томъ, что мы не помѣщаемъ своего глаза въ надлежащемъ пунктѣ относительно снимка и смотримъ *двумя* глазами на изображеніе, предназначенное только для *одного*.

Странное дѣйствіе увеличительнаго стекла.

Близорукіе люди, какъ мы только что объяснили, легко могутъ обыкновенныя фотографіи видѣть рельефными. Но какъ же быть остальнымъ людямъ, съ нормальными или дальнозоркими глазами? Они не могутъ придвигать изображеній очень близко къ глазу,—но ничто не мѣшаетъ имъ прибѣгать къ увеличительнымъ стекламъ. Смотря на снимокъ черезъ чечевицу съ увеличеніемъ въ два раза, такіе люди легко могутъ поставить себя въ положеніе близорукаго, т. е. отчетливо, не напрягая глазъ, видѣть, какъ плоская фотографія пріобрѣтаетъ рельефность и глубину. Разница между получаемымъ при этомъ впечатлѣніемъ и тѣмъ, что мы видимъ, глядя на фотографіи двумя глазами съ полуаршиннаго разстоянія—огромна. Такой способъ разсматривать обыкновенныя фотографіи почти замѣняетъ эффекты стереоскопа.

*

Теперь становится понятно, почему фотографіи пріобрѣтаютъ рельефность, если смотрѣть на нихъ однимъ глазомъ въ увеличительное стекло. Фактъ этотъ общеизвѣстенъ, но правильное объясненіе его приходится слышать довольно рѣдко, даже отъ спеціалистовъ. Одинъ изъ критиковъ первой книги «Занимательной физики» писалъ мнѣ по этому поводу слѣдующее:

«Во второмъ изданіи разсмотрите вопросъ: отчего въ обыкновенную лупу фотографія кажется рельефной? Это въ особенности интересно потому, что все сложное объясненіе стереоскопа не выдерживаетъ критики. Попробуйте смотрѣть въ стереоскопъ однимъ глазомъ: рельефность сохраняется, вопреки теоріи».

Надѣюсь, читателямъ теперь вполнѣ ясно, что теорія стереоскопа нисколько не колеблется этимъ фактомъ.

На томъ же принципѣ основанъ и любопытный эффектъ такъ наз. «панорамъ», продающихся въ игрушечныхъ магазинахъ. Въ этихъ маленькихъ приборахъ обыкновенный снимокъ ландшафта или группы разсматривается черезъ увеличительное стекло однимъ глазомъ. Этого уже достаточно для полученія довольно полнаго рельефа; но иллюзію обыкновенно усиливаютъ еще тѣмъ, что нѣкоторые предметы передняго плана вырѣзаются отдѣльно и помѣщаются впереди фотографіи: глазъ нашъ очень чувствителенъ къ рельефности ближайшихъ предметовъ и не столь воспріимчивъ къ болѣе дальнимъ.

Увеличенныя фотографіи.

Теперь естественно возникаетъ вопросъ: нельзя ли изготовлять фотографіи такъ, чтобы нормальный глазъ могъ правильно разсматривать ихъ, не прибѣгая къ стекламъ? Оказывается, это вполнѣ возможно; для этого необходимо только пользоваться камерами съ длинно-фокусными объективами. Послѣ всего сказаннаго, вполнѣ понятно, что снимокъ, полученный при помощи объектива съ 25—30-сантиметровымъ фокуснымъ разстояніемъ, можно разсматривать (однимъ глазомъ) на обычномъ разстояніи—онъ покажется достаточно рельефнымъ.

Болѣе того: можно получать и такіе снимки, которые при разсматриваніи даже двумя глазами не будутъ казаться плоскими. Сейчасъ объяснимъ, какъ это достигается.

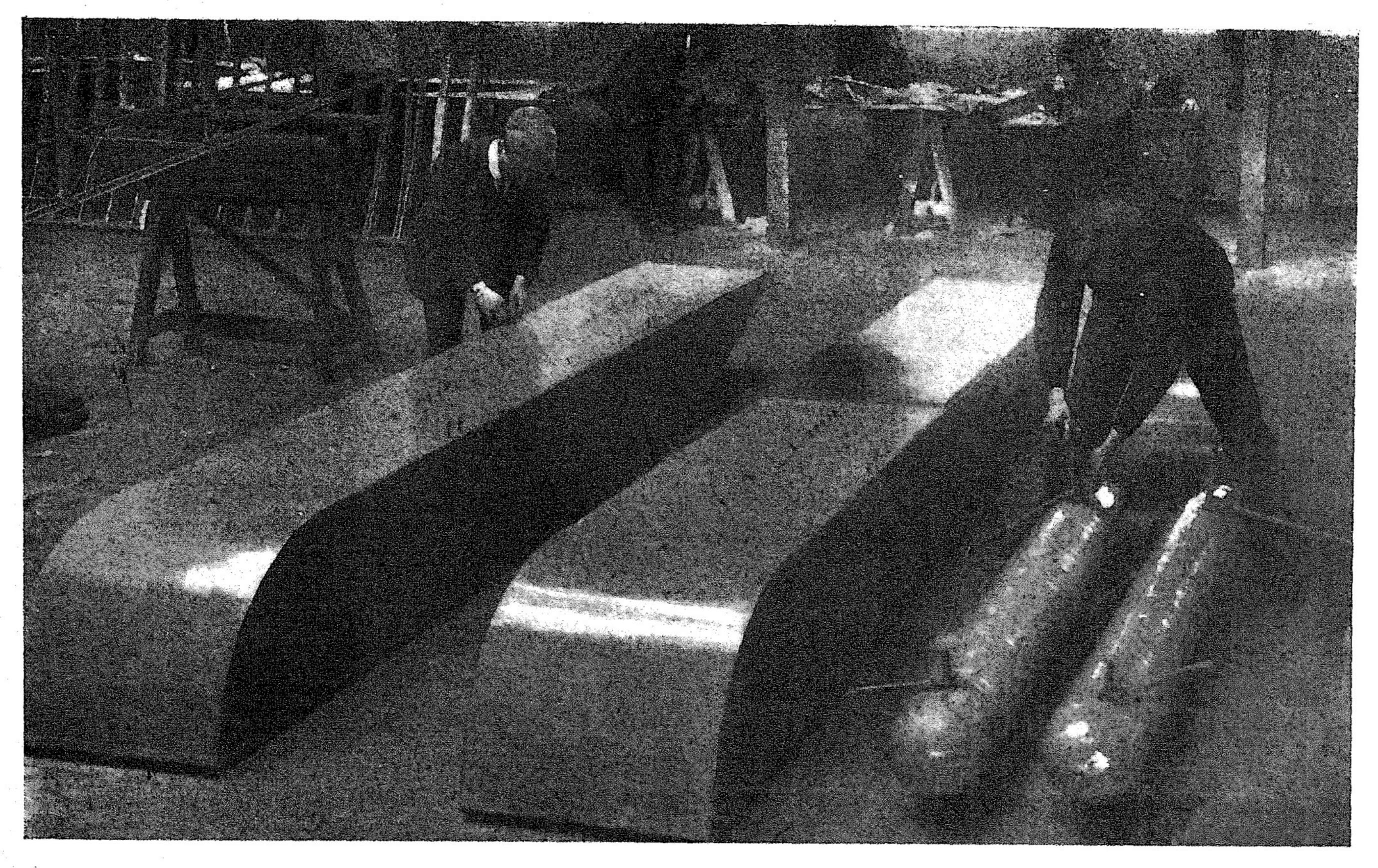


Рис. 90. Этотъ снимокъ пріобрѣтаетъ рельефность, если смотрѣть на него съ небольшого разстоянія *однимъ* глазомъ.

Мы уже говорили выше, что когда оба глаза получаютъ отъ какого-либо предмета два тождественныхъ изображенія, то сознаніе сливаетъ ихъ въ одну плоскую картину. Но эта склонность быстро ослабѣваетъ съ увеличеніемъ разстоянія. Практика показываетъ, что фотографіи, полученныя помощью объектива съ 70-сантиметровымъ фокуснымъ разстояніемъ, могутъ быть непосредственно разсматриваемы обоими глазами, не утрачивая перспективности.

Необходимость располагать длиннофокуснымъ объективомъ опять-таки представляетъ неудобство. Поэтому посовѣтуемъ и другой способъ—*увеличить* снимокъ, полученный обыкновеннымъ аппаратомъ. Дѣло въ томъ, что при такомъ увеличеніи соотвѣтственно увеличивается и «перспективное разстояніе». Если фотографію, снятую 15-сантиметровымъ объективомъ, увеличить въ 4 или $4^1/_2$ раза, то этого уже достаточно для полученія желаемаго эффекта: увеличенную фотографію можно разсматривать обоими глазами съ разстоянія 60—70 сантиметровъ (1 аршина). Нѣкоторая неясность снимка не мѣшаетъ впечатлѣнію, такъ какъ она съ большого разстоянія незамѣтна. Въ смыслѣ же рельефности снимокъ несомнѣнно выигрываетъ.

Секретъ „стереопана" и „пластоскопа".

Тѣ «стереопаны»—или, какъ ихъ иногда неуклюже называютъ,—«зеркалупы», которые продаются въ оптическихъ магазинахъ, представляютъ собою приборы, основанные на томъ же принципѣ. Фотографія помѣщается такъ, что мы видимъ ея увеличенное отраженіе въ вогнутомъ зеркалѣ. Иллюзія рельефности, возникающая при этомъ, объясняется просто увеличеніемъ «перспективнаго разстоянія» даннаго снимка. Фотографію, увеличенную въ «стереопанѣ», можно разсматривать и *двумя* глазами: она не утрачиваетъ рельефности. По той же причинѣ пріобрѣтаютъ тѣлесность снимки, разсматриваемые *двумя* глазами черезъ большую двояковыпуклую чечевицу (такіе приборы, «пластоскопы», часто можно видѣть у оптиковъ). Въ обоихъ случаяхъ увеличеніе снимка доводитъ «перспективное разстояніе» до тѣхъ размѣровъ, при которыхъ возможно непосредственно разсматривать фотографію обоими глазами безъ ущерба для рельефности впечатлѣнія.

Рельефность картинъ кинематографа.

Многіе замѣтили, вѣроятно, что изображенія на полотнѣ кинематографа также нерѣдко отличаются довольно замѣтной рельефностью. Причина опять-таки въ томъ, что мы имѣемъ



Рис. 91. Этотъ снимокъ становится рельефнымъ при долгомъ разсматриваніи однимъ глазомъ съ близкаго разстоянія.

здѣсь передъ собой сильно увеличенныя фотографіи. Если, напримѣръ, снимки на лентѣ получались при фокусномъ разстояніи въ 10 сантиметровъ, а картины на полотнѣ увеличиваются въ 100 разъ, то разстояніе, при которомъ получается правильная перспектива, также увеличивается въ 100 разъ и равняется $10 \times 100 = 1000$ сантиметрамъ, или 5 саженямъ. При выборѣ мѣста въ кинематографахъ полезно руководиться этимъ соображеніемъ. Содержатели кинотеатровъ хорошо знаютъ это и соотвѣтственно назначаютъ цѣны мѣстамъ: дальнія мѣста дороже переднихъ.

Совѣтъ читателямъ иллюстрированныхъ журналовъ.

Воспроизведенія фотографій въ книгахъ и журналахъ («автотипіи») имѣютъ, конечно, тѣ же свойства, что и оригинальные снимки: они тоже становятся рельефнѣе, если разсматривать ихъ однимъ глазомъ и съ надлежащаго разстоянія. Если читатель примѣнитъ этотъ пріемъ хотя бы къ приложеннымъ здѣсь рисункамъ (90, 91 и 92), онъ убѣдится въ справедливости сказаннаго. Тутъ намѣренно выбраны снимки съ разными сюжетами и различными фокусными разстояніями. Найти надлежащее разстояніе для разсматриванія—не трудно. Закрывъ одинъ глазъ, держите иллюстрацію на вытянутой рукѣ такъ, чтобы плоскость ея встрѣчала лучъ зрѣнія подъ прямымъ угломъ, а вашъ открытый глазъ приходился противъ середины снимка. Теперь постепенно приближайте снимокъ, не переставая всматриваться въ него: вы легко уловите тотъ моментъ, когда онъ пріобрѣтетъ наибольшую рельефность.

Многіе снимки, неотчетливые и плоскіе при обычномъ разсматриваніи, пріобрѣтаютъ глубину и ясность, если смотрѣть на нихъ описаннымъ способомъ. Нерѣдко при такомъ разсматриваніи становятся замѣтны блескъ воды и другіе чисто стереоскопическіе эффекты.

Но здѣсь полезно имѣть въ виду одно обстоятельство. Если фотографіи при увеличеніи выигрываютъ въ жизненности, то при уменьшеніи они, напротивъ, проигрываютъ въ этомъ отношеніи. Уменьшенныя фотографіи выходятъ, правда, рѣзче и отчетливѣе, но онѣ плоски, не даютъ впечатлѣнія рельефности. Причина, послѣ всего сказаннаго, должна быть понятна: съ уменьшеніемъ фотографіи уменьшается правильное «перспективное разстояніе», которое обыкновенно и безъ того черезчуръ мало. Читателямъ (а еще болѣе — издателямъ) иллюстрированныхъ журналовъ полезно всегда имѣть въ виду это обстоятельство.

То, что мы сказали о фотографіяхъ, примѣнимо до извѣстной степени и къ картинамъ, созданнымъ рукой художника: ихъ также слѣдуетъ разсматривать всегда съ надлежащаго разстоянія. Только при этомъ условіи вы ощутите перспективу, и кар-

тина покажется вамъ не плоской, а глубокой и рельефной. Полезно при этомъ смотрѣть однимъ, а не двумя глазами, особенно на картины небольшихъ размѣровъ. Любопытно, что уменьшенные снимки съ большихъ картинъ даютъ нерѣдко болѣе полную

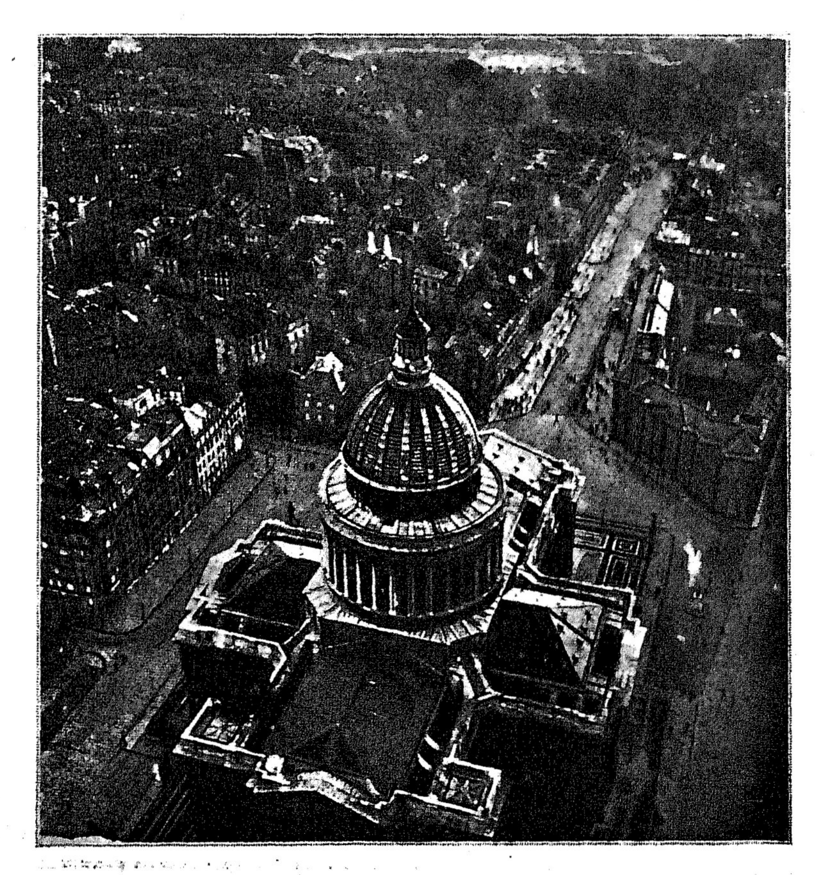


Рис. 92. Держите этотъ снимокъ, хорошо освѣтивъ его, такъ, чтобы глазъ вашъ приходился противъ его середины, на близкомъ разстоянiи (другой глазъ закройте). Снимокъ прiобрѣтетъ замѣтную рельефность.

Снимокъ изображаетъ Соборъ Парижской Богоматери, сфотографированный съ дирижабля, съ высоты 100 саженъ.

иллюзiю рельефности, нежели оригиналы; вы поймете, отчего это происходитъ, если вспомните, что для уменьшенныхъ снимковъ сокращается и разстоянiе, съ котораго слѣдуетъ разсматривать изображенiе.

Зрѣніе тремя глазами.

Тремя глазами? Не обмолвка ли это? Мыслимо ли смотрѣть тремя глазами?

Можно играть на роялѣ въ четыре руки: недостающую пару рукъ мы какъ бы занимаемъ у другого—но возможно ли видѣть чужимъ глазомъ?

Вы сейчасъ убѣдитесь, что никакой обмолвки въ приведенномъ заглавіи нѣтъ. Мы будемъ говорить *именно о зрѣніи тремя глазами.*

Мы уже знаемъ, что предметы кажутся намъ рельефными оттого, что въ обоихъ глазахъ нашихъ рисуются не вполнѣ одинаковыя изображенія отъ одного предмета; эти два нетожественныхъ впечатлѣнія сливаются въ нашемъ сознаніи въ одинъ тѣлесный образъ. Если бы мы обладали *тремя* глазами, то рельефность видимыхъ предметовъ, вѣроятно, еще болѣе усилилась бы, такъ какъ образъ ихъ сливался бы изъ трехъ неодинаковыхъ впечатлѣній, соотвѣтствующихъ тремъ различнымъ точкамъ зрѣнія.

Такова теорія. Что же показываетъ опытъ?

Не въ нашей власти, конечно, дать человѣку третій глазъ,— но мы можемъ все-таки поставить опытъ такъ, чтобы сознаніе получало одновременно *три* впечатлѣнія, соотвѣтствующія какъ бы тремъ глазамъ. Достигается это довольно простымъ путемъ. Съ одного предмета дѣлается три снимка, отвѣчающихъ тремъ разнымъ точкамъ, какъ бы тремъ глазамъ. Затѣмъ два изъ этихъ снимковъ заставляютъ, быстро чередуясь, дѣйствовать на одинъ глазъ наблюдателя: при быстромъ чередованіи впечатлѣнія ихъ сливаются въ одинъ сложный рельефный образъ. Къ этому образу присоединяется еще и третье впечатлѣніе— отъ другого глаза, который смотритъ на третій снимокъ. При такихъ условіяхъ мы, хотя и смотримъ всего двумя глазами, но впечатлѣніе получаемъ совершенно такое же, какъ если бы смотрѣли *тремя* глазами.

Человѣческое искусство здѣсь осуществило то, что намъ казалось совершенно невозможнымъ: оно словно надѣлило насъ третьимъ глазомъ!

Легко понять, что на томъ же принципѣ вполнѣ возможно устроить стереоскопъ для одноглазаго человѣка,—разумѣется, только въ томъ случаѣ, если это лицо не одноглазо отъ рожденія: иначе не получится сліянія двухъ изображеній въ одинъ тѣлесный образъ; для такого сліянія необходимъ извѣстный навыкъ.

Усовершенствованіе кинематографа.

Сейчасъ мы узнали, что можно устроить стереоскопъ для одноглазаго. Теоретически разсуждая, на томъ же принципѣ вполнѣ мыслимо устроить и стереоскопическій кинематографъ. Въ самомъ дѣлѣ, подумайте, что произойдетъ, если на полотнѣ, чередуясь, будутъ появляться изображенія, предназначенныя то для праваго, то для лѣваго глаза (при чемъ изображенія эти сняты, конечно, стереоскопической камерой). Нетрудно предвидѣть, что оба рода изображеній при быстрой смѣнѣ должны сливаться въ сознаніи зрителя и дать одинъ *рельефный* образъ.

Вотъ идея стереоскопическаго кинематографа. Въ теоріи она очень проста, но осуществить ее практически, вѣроятно, трудно—иначе всюду давно уже показывались бы «стереокинемы».

Безъ сомнѣнія, многіе изъ читателей этой книги замѣчали въ кинематографахъ, что картины подчасъ отличаются поразительной рельефностью. Возможно, что, кромѣ той причины, о которой мы говорили выше на стр. 183, здѣсь играетъ роль именно только что отмѣченное обстоятельство. Дѣло вотъ въ чемъ. При съемкѣ кинематографическихъ сценъ все время вращаютъ барабанъ съ лентой, чтобы фильма двигалась въ камерѣ. Если вращеніе происходитъ неплавно, то аппаратъ при этомъ слегка дрожитъ, колеблется—и объективъ камеры все время слегка перемѣщается направо и налѣво. Что же получается на лентѣ? На ней запечатлѣваются изображенія, соотвѣтствующія не одному, а *двумъ* точкамъ зрѣнія,—т. е. на ней будутъ чередоваться снимки, полученные словно бы не отъ обыкновенной, а отъ стереоскопической камеры (камеры съ двумя объективами): одни снимки отвѣчаютъ правому, другіе—лѣвому глазу. Когда же потомъ показываютъ такую ленту въ театрѣ, то зритель сливаетъ оба быстро чередующихся ряда изображеній—и передъ нимъ выростаетъ стереоскопическій образъ.

Конечно, рельефность въ такихъ снимкахъ весьма слабо выражена, такъ какъ колебанія аппарата очень невелики и, слѣдовательно, разница между снимками ничтожна. Но вотъ задача для техниковъ кинематографіи: то, что здѣсь осуществилось лишь случайно и въ несовершенномъ видѣ, устроить намѣренно и въ болѣе рѣзкой степени. Если техники справятся съ этой задачей — вопросъ о стереоскопическомъ кинематографѣ будетъ рѣшенъ.

Слѣпое пятно нашего глаза.

Если вамъ скажутъ, что въ полѣ вашего зрѣнія есть участокъ, котораго вы совершенно не видите, хотя онъ находится прямо передъ вами,—вы, вѣроятно, этому не повѣрите. Возможно ли, въ самомъ дѣлѣ, чтобы мы всю жизнь не замѣчали такого крупнаго недостатка нашего зрѣнія? А между тѣмъ, подобный пробѣлъ въ нашемъ зрѣніи существуетъ, и вотъ простой опытъ, могущій убѣдить васъ въ этомъ.

Держите рис. 93-й на разстояніи одного фута отъ вашего праваго глаза (закрывши лѣвый) и смотрите на крестикъ, помѣщенный влѣво: медленно приближайте рисунокъ къ глазу—непремѣнно наступитъ моментъ, когда большое черное пятно на скрещеніи обѣихъ окружностей *безслѣдно исчезнетъ*! Вы его не увидите, хотя оно будетъ оставаться въ предѣлахъ видимаго вами участка, и обѣ окружности вправо и влѣво отъ него будутъ отчетливо видны!

Этотъ опытъ, впервые произведенный въ 1668 г. (въ иномъ видѣ) знаменитымъ физикомъ Маріоттомъ, очень забавлялъ придворныхъ Людовика XIV.

Маріотъ продѣлывалъ этотъ опытъ такъ: помѣщалъ двухъ вельможъ на разстояніи сажени другъ противъ друга и просилъ ихъ разсматривать однимъ глазомъ нѣкоторую точку сбоку—тогда каждому казалось, что у его визави нѣтъ головы.

Какъ ни странно, но люди только въ XVII вѣкѣ узнали, что на сѣтчаткѣ ихъ глазъ существуетъ «слѣпое пятно», о которомъ никто раньше не думалъ. Это «слѣпое пятно» есть то мѣсто сѣтчатой оболочки, гдѣ зрительный нервъ вступаетъ въ глазное яблоко и еще не раздѣляется на мелкія развѣтвленія, снабженныя элементами, чувствительными къ свѣту.

Правда, мы не замѣчаемъ черной дыры въ полѣ нашего зрѣнія,—но происходитъ это вслѣдствіе долговременной привычки. Наше воображеніе невольно заполняетъ этотъ пробѣлъ различными подробностями окружающаго фона; такъ, на черт. 93-мъ мы, не видя пятна, мысленно продолжаемъ линіи обѣихъ окружностей; мы убѣждены даже, будто ясно видимъ то мѣсто, въ которомъ онѣ пересѣкаются.

Если вы носите очки, то легко можете продѣлать такой опытъ: наклейте кусочекъ бумаги на стекло очковъ (только не въ самой серединѣ, а сбоку). Въ первые дни бумажка будетъ

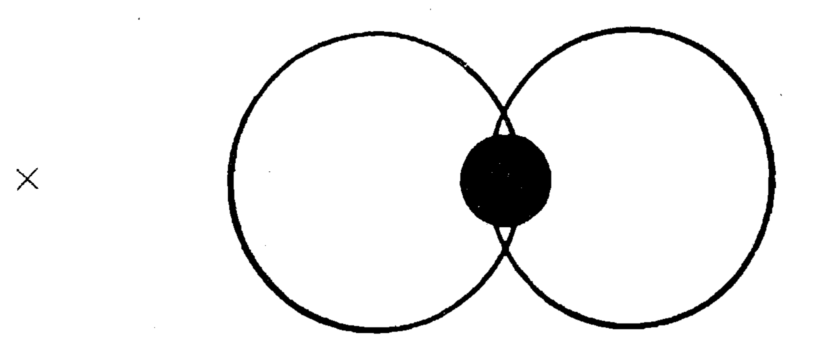


Рис. 93. Какъ убѣдиться, что въ нашемъ глазу есть «слѣпое пятно». — На разстояніи 10 дюймовъ смотрите правымъ глазомъ на крестикъ, закрывши лѣвый глазъ: черный кружокъ пропадаетъ.

мѣшать вамъ смотрѣть; но пройдетъ одна недѣля, другая—и вы до такой степени привыкнете къ ней, что даже перестанете ее замѣчать. Точно такъ же, въ силу долговременной привычки, не замѣчаемъ мы слѣпого пятна нашего глаза.

Не думайте, что слѣпое пятно нашего поля зрѣнія совсѣмъ незначительно. Какъ вы уже знаете, оно достаточно велико, чтобы въ немъ могла исчезнуть довольно крупная деталь чертежа, или даже вся голова вашего визави. Когда вы смотрите (однимъ глазомъ) на домъ, находящійся на разстояніи десяти саженъ отъ васъ, то благодаря слѣпому пятну вы не видите довольно обширной части его фасада, имѣющей въ поперечникѣ болѣе сажени. А на фонѣ звѣзднаго неба остается невидимымъ для нашего глаза пространство, равное по площади 120 полнымъ лунамъ!

Какой величины вамъ кажется Луна?

Кстати, о видимыхъ размѣрахъ Луны. Если вы станете разспрашивать знакомыхъ, какой величины представляется имъ Луна, то получите самые разнообразные отвѣты. Большинство скажетъ, что Луна величиной съ тарелку, но будутъ и такіе, которымъ она кажется величиной съ блюдце для варенья, съ серебряный рубль или апельсинъ. А одному мальчику, говорятъ, Луна всегда казалась «величиной съ круглый столъ на двѣнадцать персонъ».



Рис. 94. Фигура господина, идущаго впереди, кажется гораздо длиннѣе, чѣмъ силуэтъ мальчика. Смѣрьте оба силуэта—и вы убѣдитесь, что обѣ фигуры *одинаковы по длинѣ!*

Откуда такая разница въ представленіяхъ?

Она зависитъ отъ различія въ безсознательной оцѣнкѣ разстоянія. Человѣкъ, видящій Луну величиною съ апельсинъ, представляетъ ее себѣ гораздо *дальше,* нежели тѣ, кому она кажется величиной съ тарелку. Тотъ мальчикъ, который сравнивалъ Луну со столомъ, помѣщалъ ее, надо думать, очень недалеко — гдѣ-нибудь за крышей сосѣдняго дома...

На ошибочной оцѣнкѣ разстояній основано не мало иллюзій зрѣнія. Я хорошо помню одинъ оптическій обманъ, который я испыталъ въ раннемъ дѣтствѣ, «въ тѣ дни, когда мнѣ были новы всѣ впечатлѣнья бытія». Уроженецъ города, я однажды весной, во время загородной прогулки, въ первый разъ въ жизни увидѣлъ пасущееся на лугу стадо коровъ; такъ какъ я неправильно оцѣнилъ разстояніе, коровы эти показались мнѣ пигмеями! Такихъ крошечныхъ коровъ я съ тѣхъ поръ ни разу болѣе не видѣлъ и, конечно, никогда не увижу... Очень поучителенъ также разсказъ Эдгарда По о томъ, какъ онъ принялъ букашку, ползущую по оконному стеклу, за невиданное чудовище, шагающее въ далекомъ лѣсу, на краю горизонта.

Сходными причинами объясняется иллюзія рис. 94. Глядя на него, мы готовы утверждать, что господинъ, идущій впереди, «нарисованъ» исполиномъ — чуть не вдвое выше мальчика. Но измѣрьте обѣ фигурки—онѣ строго равны! Мы поддаемся здѣсь обману только потому, что привыкли видѣть далекіе предметы уменьшенными; поэтому фигуры на заднемъ планѣ картины должны изображаться мельче переднихъ, чтобы казаться одинаковой съ ними величины.

Видимые размѣры свѣтилъ.

Астрономы опредѣляютъ видимый размѣръ свѣтилъ величиною того угла, подъ которымъ мы ихъ видимъ. «Угловой величиной» свѣтила они называютъ тотъ уголъ, который составляютъ двѣ прямыя, проведенныя къ глазу отъ крайнихъ точекъ небеснаго тѣла (рис. 95). Углы же, какъ извѣстно, измѣряются градусами, минутами и секундами. На вопросъ о видимой величинѣ луннаго диска астрономъ не скажетъ, что она равна апельсину или тарелкѣ, а отвѣтитъ, что она равна приблизительно половинѣ градуса: это значитъ, что прямыя линіи, проведенныя отъ краевъ луннаго диска къ нашему глазу, составляютъ уголъ въ полградуса. Такое опредѣленіе видимыхъ размѣровъ тѣлъ есть единственно правильное, не дающее повода ни къ какимъ недоразумѣніямъ.

Геометрія учитъ, что предметъ, удаленный отъ глаза на разстояніе, въ 57 разъ большее его размѣровъ, долженъ представляться наблюдателю подъ угломъ въ 1 градусъ. Такъ, напр.,

апельсинъ въ вершокъ діаметромъ будетъ имѣть угловую величину въ одинъ градусъ, если его держать отъ глаза на разстояніи 57 вершковъ. На вдвое бо̀льшемъ разстояніи онъ представится намъ вдвое менѣе, именно—подъ угломъ въ $^1/_2$ градуса, т. е. такой же величины, какой мы видимъ Луну. Итакъ, если угодно, вы можете сказать, что Луна кажется вамъ величиной съ апельсинъ, но при условіи, что этотъ апельсинъ удаленъ отъ глаза на 114 вершковъ (болѣе 7 аршинъ). Если желаете сравнить видимую величину Луны съ тарелкой, вамъ придется отодвинуть эту тарелку саженъ на 12. Большинство людей не хочетъ вѣрить, что Луна представляется имъ такой маленькой,— но попробуйте помѣстить копеечную монету (полвершка) на

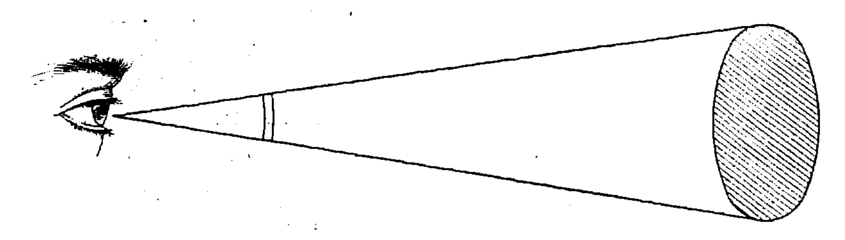


Рис. 95. Что такое «угловая величина» предмета.

такомъ разстояніи отъ глаза, которое въ 114 разъ больше ея діаметра, т. е. на $3^1/_2$ аршина: монета какъ разъ покроетъ Луну.

Если бы вамъ предложили нарисовать на бумагѣ кружокъ, изображающій дискъ Луны, видимый простымъ глазомъ, задача показалась бы вамъ неопредѣленной; кружокъ можетъ быть и большимъ и маленькимъ, смотря по тому, какъ далеко онъ отодвинутъ отъ глаза. Но условія сразу опредѣлятся, если мы остановимся на томъ разстояніи, на которомъ обыкновенно держимъ книги, чертежи и т. п.,—на разстояніи ясн̲а̲г̲о̲ з̲р̲ѣ̲н̲і̲я̲. Это разстояніе равно для нормальнаго глаза 25-ти сантиметрамъ (около десяти дюймовъ).

Итакъ, вычислимъ, какой величины долженъ быть кружокъ, хотя бы на поляхъ этой книги, чтобы видимый размѣръ его равнялся лунному диску. Расчетъ простъ: надо раздѣлить разстояніе 25 сантиметровъ на 114. Получимъ въ результатѣ довольно незначительную величину—всего 2,2 миллиметра! Прямо не вѣрится, что Луна (а также равное ей по *видимымъ* размѣрамъ Солнце) кажется намъ подъ такимъ небольшимъ угломъ!

Если бы, придерживаясь этого масштаба, мы пожелали изобразить на бумагѣ созвѣздіе Большой Медвѣдицы, то получили бы фигуру, представленную на рис. 96. Глядя на нее съ разстоянія яснаго зрѣнія, мы видимъ созвѣздіе именно такимъ, какимъ оно рисуется намъ на небесномъ сводѣ. Это такъ сказать,—карта Б. Медвѣдицы въ натуральномъ угловомъ масштабѣ. Если вамъ хорошо знакомо зрительное впечатлѣніе отъ этого созвѣздія,—не фигура только, а именно наглядное зрительное впечатлѣніе, — то, всматриваясь въ приложенную карту, вы словно вновь переживете это непосредственное впечатлѣніе. Зная угловыя разстоянія между главными звѣздами всѣхъ созвѣздій (они приводятся въ астрономическихъ календаряхъ и т. п. справочныхъ изданіяхъ), вы можете начертить себѣ въ «натуральномъ масштабѣ» цѣлый астрономическій атласъ. Для этого достаточно запастись миллиметровой бумагой и считать на ней каждые 4,4 миллиметра за градусъ (площади кружковъ, изображающихъ звѣзды, надо чертить сообразно ихъ яркости).

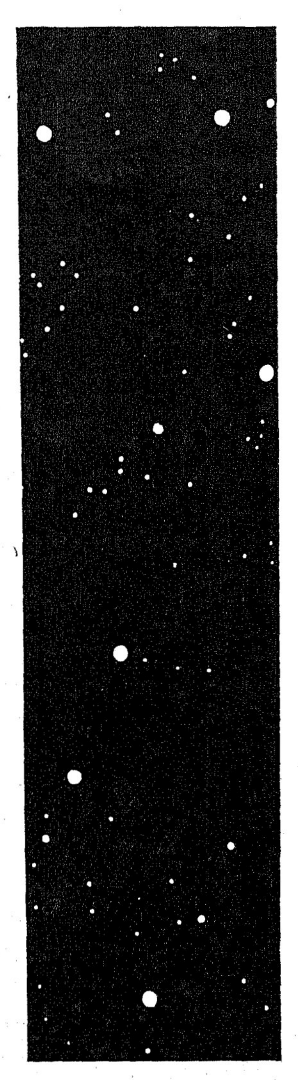


Рис. 96. Большая Медвѣдица, какою мы видимъ ее на небѣ. (Держать на разстояніи 10 дюйм.).

Обратимся теперь къ планетамъ. Видимые размѣры ихъ, какъ и звѣздъ, настолько малы, что невооруженному глазу онѣ кажутся лучистыми точками. Это и понятно, потому что ни одна планета (кромѣ развѣ Венеры въ періодъ ея наибольшей яркости) не представляется простому глазу подъ угломъ болѣе 1 минуты, т. е. той предѣльной величины, при которой мы можемъ различать предметъ, какъ пространственное тѣло (подъ меньшимъ угломъ всякій предметъ кажется намъ точкой).

Вотъ угловыя величины планетъ въ секундахъ; противъ каждой планеты показаны двѣ цыфры—первая соотвѣтствуетъ наименьшему разстоянію свѣтила отъ Земли, вторая—наибольшему

Меркурій	13 — $4^1/_2$	секундъ дуги.
Венера	65 — $9^1/_2$	
Марсъ	26 — $3^1/_2$	
Юпитеръ	51 — 31	
Сатурнъ	20 — 15	
Кольцо Сатурна	48 — 35	

Начертить эти величины въ «натуральномъ масштабѣ» на бумагѣ нѣтъ возможности: даже цѣлая угловая *минута*, т. е. 60 секундъ, отвѣчаетъ, на разстояніи яснаго зрѣнія, лишь 0,07 миллиметра—величинѣ, не различимой для простого глаза. Поэтому изобразимъ планетные диски такими, какими они кажутся въ телескопъ, увеличивающій въ 100 разъ. На рис. 97 вы видите таблицу кажущихся размѣровъ планетъ при такомъ увеличеніи. Нижняя дуга изображаетъ край луннаго (или солнечнаго) диска, видимаго въ телескопъ съ 100-кратнымъ увеличеніемъ. Надъ нимъ Меркурій при его наименьшемъ, среднемъ и наибольшемъ удаленіи отъ Земли. Еще выше—Венера въ разныхъ фазахъ; въ ближайшемъ къ намъ положеніи эта планета совершенно не видна, такъ какъ обращена къ Землѣ своею неосвѣщенною половиною; затѣмъ становится видимымъ ея узкій серпъ—это наибольшій изъ всѣхъ планетныхъ дисковъ; въ дальнѣйшихъ фазахъ Венера все уменьшается, и полный дискъ имѣетъ поперечникъ, въ 6 разъ меньшій, нежели у узкаго серпа.—Выше слѣдуетъ Марсъ. Налѣво вы видите его въ наибольшемъ приближеніи къ Землѣ; такимъ показываетъ его намъ труба съ 100-кратнымъ увеличеніемъ. Что можно различить на такомъ маленькомъ дискѣ? Вообразите себѣ этотъ кружокъ увеличеннымъ въ 10 разъ,—и вы получите представленіе о томъ, что видитъ астрономъ, изучающій Марсъ въ могущественнѣйшій телескопъ съ 1000-кратнымъ увеличеніемъ. Можно ли на столь тѣсномъ пространствѣ уловить съ несомнѣнностью такія тонкія подробности, какъ пресловутые «каналы», или замѣтить легкое измѣненіе окраски, связанное будто бы съ растительностью на днѣ «морей» этого міра? Неудивительно, что показанія однихъ наблюдателей рѣзко расходятся съ показаніями дру-

гихъ, и одни считаютъ оптической иллюзiей то, что отчетливо видятъ другiе...

Великанъ Юпитеръ со своими спутниками занимаетъ очень видное мѣсто въ нашей таблицѣ: его дискъ значительно больше

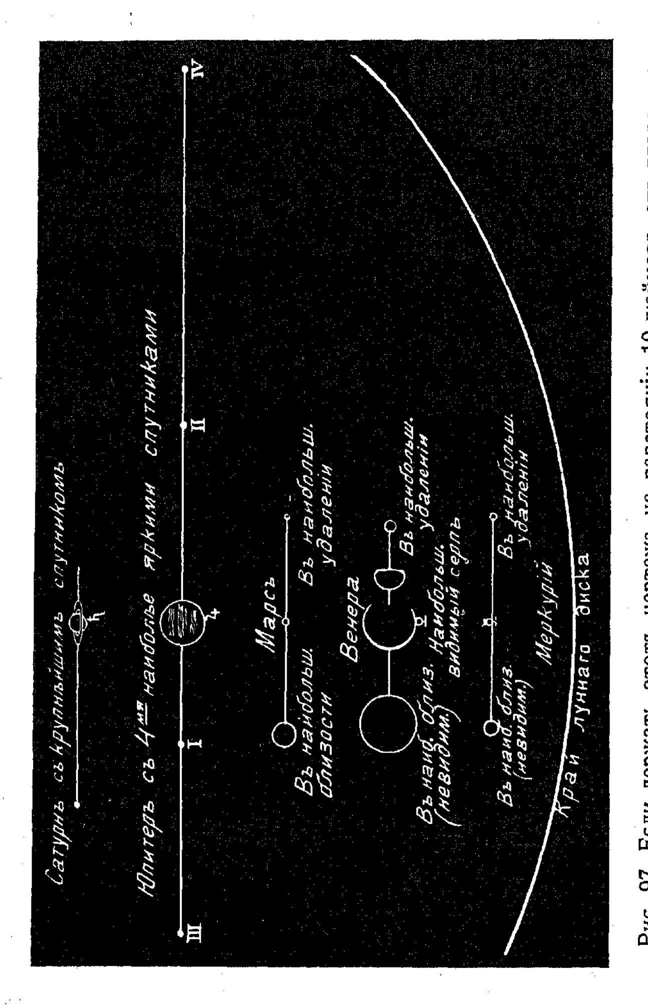


Рис. 97. Если держать этотъ чертежъ на разстоянiи 10 дюймовъ отъ глазъ, то планетные диски, начерченные на немъ, представятся намъ по величинѣ такими, какими планеты видны въ телескопъ съ увеличенiемъ въ *сто* разъ.

диска всѣхъ прочихъ планетъ, исключая Венеры, а четыре главнѣйшихъ спутника раскинуты по длинной линiи, равной почти половинѣ луннаго диска. Здѣсь Юпитеръ изображенъ въ наибольшемъ приближенiи къ Землѣ. Наконецъ, Сатурнъ со своими кольцами и самою крупною изъ его лунъ также представляетъ

собой довольно замѣтный объектъ въ моменты наибольшей близости къ намъ. Но, конечно, большая *видимая* величина зависитъ здѣсь отъ огромныхъ *истинныхъ* размѣровъ Юпитера и Сатурна, такъ что на поверхности этихъ планетъ остаются неразличимыми для насъ несравненно болѣе крупныя детали, чѣмъ на Марсѣ.

Зрительные самообманы.

Мы часто говоримъ объ «обманѣ зрѣнія», «обманѣ слуха» — но эти выраженія неправильны. Обмановъ чувствъ не существуетъ. Философъ Кантъ очень мѣтко сказалъ по этому поводу: «Чувства не обманываютъ насъ,—не потому, что они всегда правильно судятъ, а потому, что они вовсе не судятъ».

Кто же, въ дѣйствительности, обманываетъ насъ при такъ называемыхъ «обманахъ» чувствъ? Разумѣется, тотъ, кто въ дан-

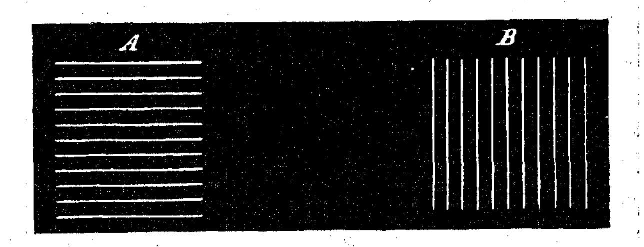


Рис. 98. Что выше—*A* или *B*?

номъ случаѣ *судитъ*, т. е. мы сами, наше собственное сознаніе. Дѣйствительно, бо́льшая часть обмановъ зрѣнія зависитъ исключительно отъ того, что мы не только *видимъ*, но и безсознательно *разсуждаемъ*, при чемъ невольно самихъ себя вводимъ въ заблужденіе. Возьмемъ общеизвѣстный примѣръ оптической иллюзіи: фигура *A*, (рис. 98) кажется выше и у́же, нежели фиг. *B*, хотя и та и другая ограничены строго одинаковыми квадратами. Причина кроется въ томъ, что оцѣнка *высоты* фигуры *A* получается у насъ, какъ результатъ безсознательнаго сложенія отдѣльныхъ промежутковъ, и потому кажется намъ больше, чѣмъ равная ей *ширина* той же фигуры. Напротивъ, на фигурѣ *B*, въ силу того же безсознательнаго разсужденія, *ширина* кажется больше *высоты*.

Иллюзія, полезная для портныхъ.

Если вы пожелаете примѣнить только что описанную иллюзію зрѣнія къ болѣе крупнымъ фигурамъ, которыхъ глазъ не можетъ охватить сразу, то ожиданія ваши не оправдаются. Въ самомъ дѣлѣ, низкій, полный человѣкъ въ костюмѣ съ поперечными полосами будетъ казаться не тоньше, а, напротивъ, еще шире. И, наоборотъ, надѣвъ костюмъ съ продольными полосами и складками, полныя особы могутъ до нѣкоторой степени скрадывать свою полноту. Эта иллюзія основана на томъ, что, разсматривая такой костюмъ, мы невольно слѣдуемъ глазами вдоль полосъ; усиліе нашихъ глазныхъ мускуловъ при этомъ заставляетъ насъ безсознательно преувеличивать размѣры предмета въ направленіи полосъ: мы вѣдь привыкли связывать съ усиліемъ двигательныхъ глазныхъ мышцъ представленіе о большихъ предметахъ, которые не умѣщаются въ полѣ зрѣнія. Между тѣмъ, когда мы разсматриваемъ *маленькій* полосатый чертежъ, глаза наши остаются неподвижными, и мускулы, слѣдовательно, не утомляются.

Что больше?

Какой овалъ на чертежѣ 99 больше: нижній или внутренній верхній? Трудно отдѣлаться отъ мысли, что нижній больше верхняго. Между тѣмъ, *оба овала равны,* и только присутствіе наружнаго овала создаетъ иллюзію, будто заключенный въ немъ овалъ меньше нижняго. Иллюзія усиливается и тѣмъ, что вся фигура представляется намъ не плоской, а тѣлесной — въ видѣ ведра, что ли: овалы невольно превращаются нами въ перспективно сжатые круги, а боковыя прямыя линіи — въ стѣнки ведра.

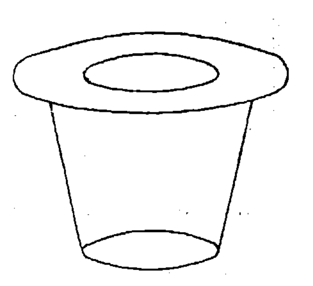


Рис. 99. Какой овалъ больше: нижній или внутренній верхній?

Всего разительнѣе выступаетъ та же особенность нашего зрѣнія на чертежѣ 100. Между сторонами угла начерчены два одинаковыхъ кружка,— но глазъ не признаетъ ихъ равенства:

вы ясно видите, что лѣвый кружокъ, ближайшій къ вершинѣ, крупнѣе праваго. Вы можете поворачивать чертежъ во всѣ стороны—иллюзія остается. Чѣмъ уголъ острѣе, тѣмъ обманъ зрѣнія рѣзче.

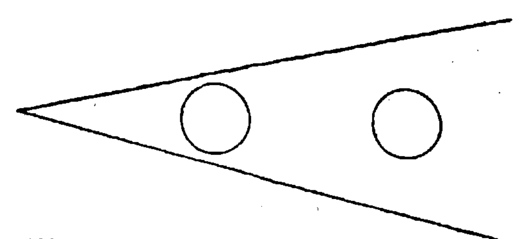


Рис. 100. Какой кружокъ больше—правый или лѣвый?

Мы, повидимому, вообще склонны преувеличивать размѣры фигуръ, заключенныхъ между расходящимися прямыми, близко къ вершинѣ угла. Подобно тому, какъ на черт. 100-мъ кажется больше тотъ кружокъ, который ближе придвинутъ къ вершинѣ угла, такъ и на черт. 101 разстояніе между точками *X* и *Y* кажется больше, нежели между точками *M* и *N*. Присутствіе третьей прямой, исходящей изъ той же вершины, еще болѣе усиливаетъ иллюзію.

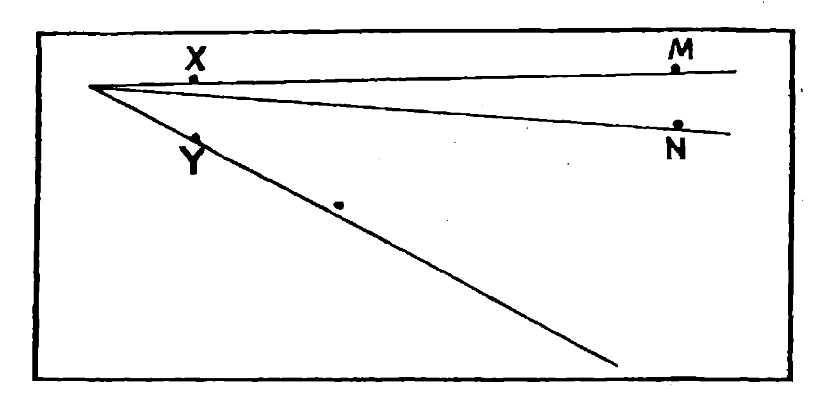


Рис. 101. Что больше: разстояніе между *X* и *Y* или разстояніе между *M* и *N*?

Нѣкоторые предполагаютъ, что извѣстная иллюзія увеличенія свѣтилъ близъ горизонта представляетъ собою обманъ зрѣнія именно такого рода. Когда мы разсматриваемъ Луну, Солнце или какое-нибудь созвѣздіе, стоящее близъ горизонта,

то онѣ кажутся намъ вдвинутыми въ двугранный уголъ, одною стороною котораго является поверхность земли, а другою — наклоненная надъ нею часть небеснаго свода. На основанiи предыдущаго понятно, что свѣтило, помѣщенное такимъ образомъ, должно казаться намъ крупнѣе, чѣмъ тогда, когда оно близъ зенита. Это новое объясненiе является чуть ли не десятой попыткой объяснить знаменитую «астрономическую иллюзiю», извѣстную еще со временъ Птолемея.

Сила воображенiя.

Большинство обмановъ зрѣнiя, какъ мы уже указывали, зависитъ отъ того, что мы не только *смотримъ*, но и безсознательно *разсуждаемъ* при этомъ. «Мы смотримъ не глазами, а мозгомъ»,—говорятъ физiологи. И вы охотно согласитесь съ

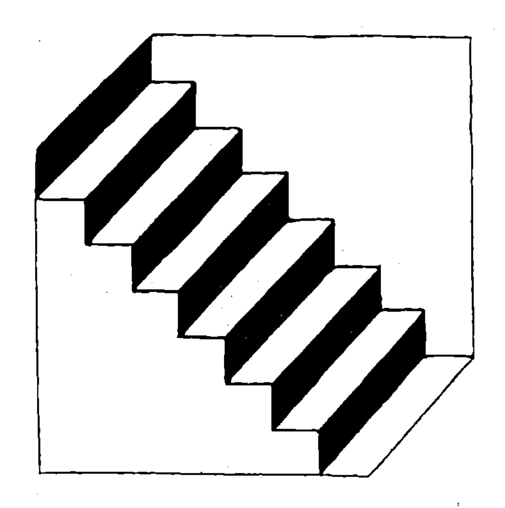


Рис. 102. Что вы видите здѣсь: лѣстницу, нишу или «гармонику»? Это зависитъ отъ вашего желанiя и отъ силы воображенiя.

этимъ, когда познакомитесь съ иллюзiями, гдѣ воображенiе смотрящаго *сознательно* участвуетъ въ процессѣ видѣнiя.

Остановимся хотя бы на рис. 102.

Если вы станете показывать его знакомымъ, то получите отъ нихъ троякаго рода отвѣты на вопросъ, чтó онъ изображаетъ. Одни скажутъ, что это лѣстница; другiе,—что это ниша,

углубленная въ стѣнѣ; третьи, наконецъ, увидятъ въ немъ бу[illegible] полоску, согнутую «гармоникой» и протяную по діагонали на сѣромъ полѣ квадрата.

И какъ ни странно, всѣ три отвѣта будутъ вѣрны! Вы можете и сами увидѣть всѣ названныя вещи, если, смотря на ри-

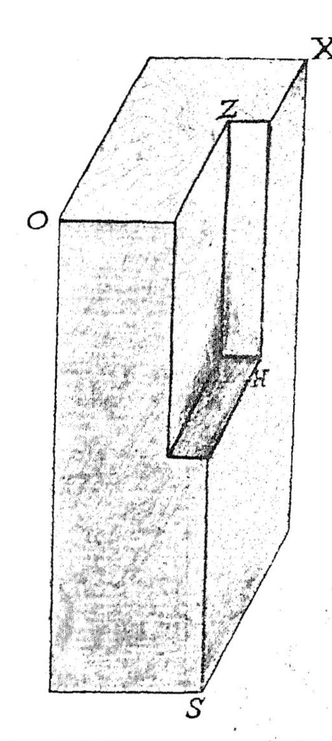


Рис. 103. Что такое ZH? Выступъ ли это на брусѣ (въ родѣ шипа), или же это вырѣзанное въ брусѣ углубленіе? Или, быть можетъ, это обрубокъ, лежащій въ углу деревянной коробки? Ваше воображеніе можетъ заставить васъ увидѣть попеременно и то, и другое, и третье.

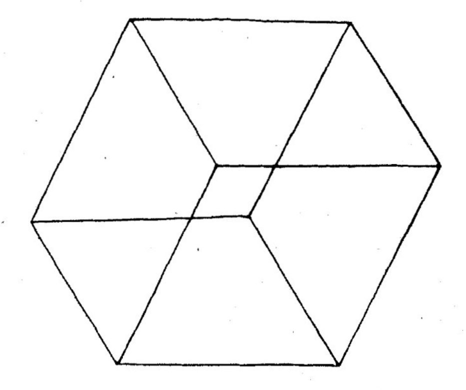


Рис. 104. Этотъ проволочный кубъ вы можете видѣть обращеннымъ къ вамъ то тою, то иною стороною, въ зависимости отъ вашего желанія.

сунокъ, направите свой взглядъ различнымъ образомъ. А именно: попробуйте, разсматривая этотъ чертежъ, прежде всего направить взоръ на *лѣвую* часть рисунка — вы увидите лѣстницу. Далѣе, если взглядъ вашъ будетъ скользить по рисунку справа налѣво, — вы увидите нишу. Наконецъ, если взглядъ вашъ скользнетъ по чертежу по направленію его діагонали, отъ нижняго праваго края къ верхнему лѣвому — вы увидите сложенную «гармоникой» бумажную полоску.

Впрочемъ, при продолжительномъ разсматриваніи рисунка ваше вниманіе утомится, и вы попеременно будете видѣть то одно, то другое, то третье, уже независимо отъ вашего желанія.

Фигуры 103 и 104 отличаются тѣми же особенностями.

Еще иллюзіи зрѣнія.

Но далеко не всѣ иллюзіи зрѣнія мы въ состояніи объяснить. Часто и догадаться нельзя, какого рода умозаключенія безсознательно совершаются въ нашемъ умѣ и обусловливаютъ тотъ или иной обманъ зрѣнія. Почему, напримѣръ, квадратъ, поставленный косо, представляется намъ крупнѣе того же квадрата (рис. 105), опирающагося на одну изъ сторонъ? Отчего на чертежѣ 106 глазъ не хочетъ признать, что среднія части этихъ ломаныхъ линій параллельны между собою? Вѣдь, казалось бы, чертежъ ясенъ!

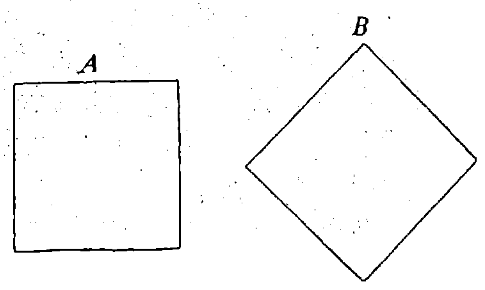


Рис. 105. Какой квадратъ больше: *A* или *B*?

А на фигурѣ 107 вы отчетливо видите двѣ дуги, обращенныя выпуклостями другъ къ другу. Сомнѣнія даже не возникаетъ, что это такъ. А между тѣмъ, стоитъ лишь приложить линейку къ этимъ мнимымъ дугамъ, или взглянуть на нихъ вдоль, держа фигуру на уровнѣ глазъ,—чтобы убѣдиться въ ихъ прямолинейности.

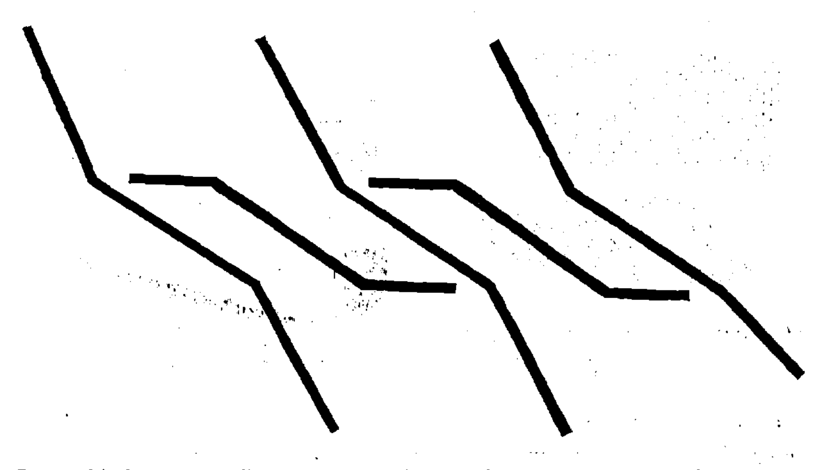


Рис. 106. Вамъ не вѣрится, что всѣ среднія части этихъ линій строго параллельны другъ другу? Провѣрьте...

Вотъ еще любопытная иллюзія. Посмотрите на рис. 108 и скажите: какія линіи длиннѣе, вертикальныя или косыя? Первыя кажутся болѣе длинными, хотя тѣ и другія равны.

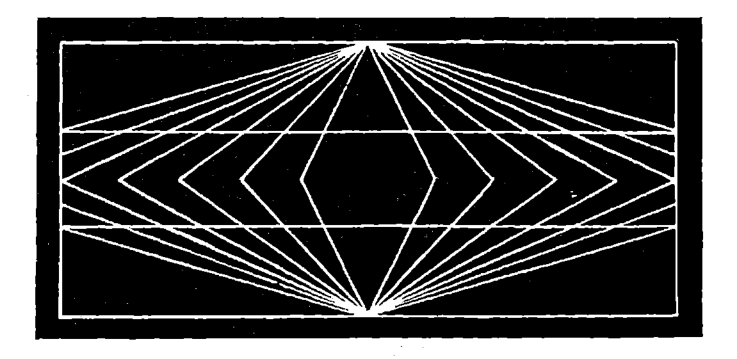
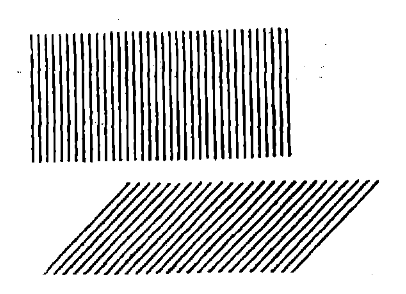


Рис. 107. Двѣ бѣлыя линіи, идущія справа налѣво, вовсе не дуги, какъ вы думаете. Это прямыя линіи!

Еще эффектнѣе иллюзія фигуры 109. На верхнемъ чертежѣ ея сравните длину черточекъ въ лѣвой и правой части: первыя кажутся длиннѣе вторыхъ, хотя онѣ равны. Иллюзія рѣзче на среднемъ чертежѣ, отличающемся отъ верхняго лишь большею частотою линій; прямо не хочется вѣрить, что лѣвыя черточки не длиннѣе правыхъ. Наконецъ, на нижнемъ чертежѣ той



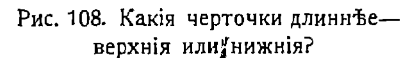


Рис. 108. Какія черточки длиннѣе— верхнія или нижнія?

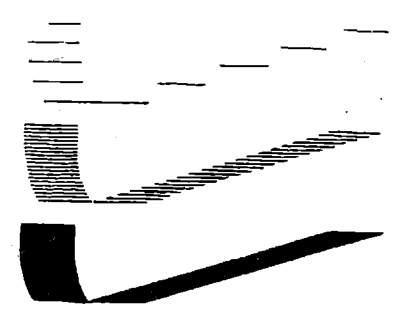


Рис. 109. «Иллюзія курит. трубки».

же фигуры, представляющемъ зачерненный контуръ первыхъ двухъ, мы имѣемъ какъ бы упрощенный силуэтъ курительной трубки; горизонтальныя сѣченія обѣихъ частей трубки строго равны, хотя глазъ нашъ съ этимъ не хочетъ согласиться.

Предлагалось много объясненій этихъ любопытныхъ иллюзій, но они мало убѣдительны, и мы не станемъ приводить ихъ здѣсь. Одно, повидимому, несомнѣнно: что причина этихъ иллюзій кроется въ безсознательномъ разсужденіи, въ невольномъ «лукавомъ мудрствованіи» ума, мѣшающемъ намъ видѣть то, что есть въ дѣйствительности.

Что это?

При взглядѣ на рис. 110-й вы едва ли сразу догадаетесь, что онъ изображаетъ. «Просто черная сѣтка, ничего больше», скажете вы. Но поставьте книгу отвѣсно на столъ, отойдите шага

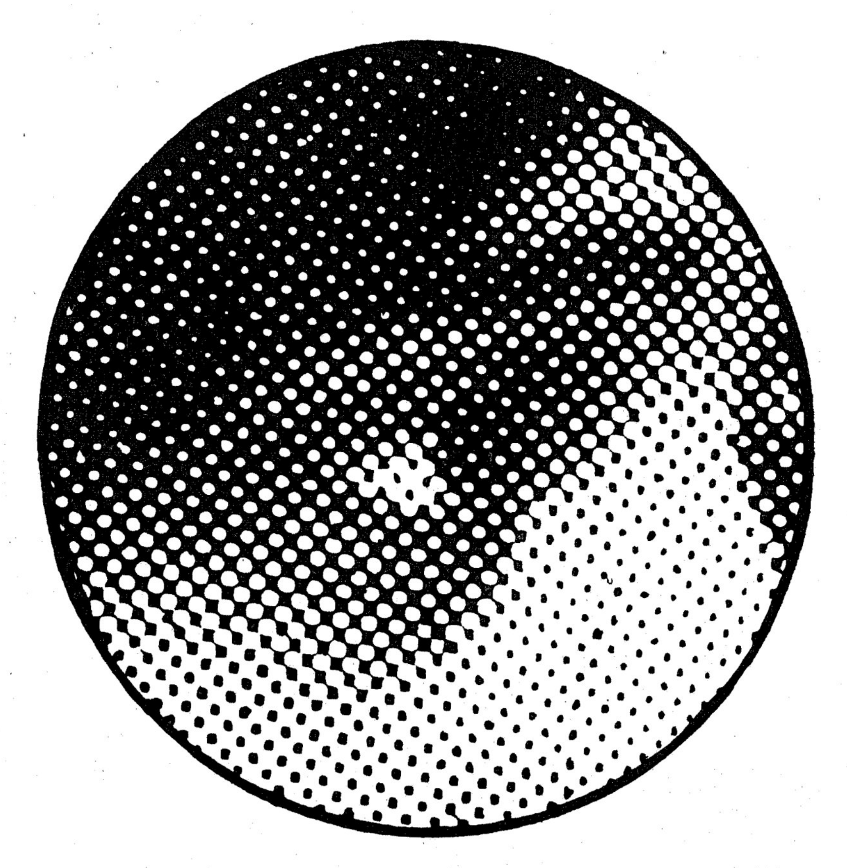


Рис. 110. Смотрите на эту фигуру съ разстоянія нѣсколькихъ шаговъ. Что вы видите?

на 3—4 и смотрите оттуда. Вы ясно увидите *человѣческій глазъ*. Подойдите ближе,—и предъ вами снова появится ничего не выражающая сѣтка...

Вы, конечно, подумаете, что это какой-нибудь искусный «трюкъ» изобрѣтательнаго гравера. Нѣтъ, это лишь грубый примѣръ той иллюзіи зрѣнія, которой мы поддаемся всякій разъ, когда разсматриваемъ такъ называемыя «тоновыя» иллюстраціи, или «автотипіи». Въ книгахъ и журналахъ фонъ рисунка всегда кажется намъ сплошнымъ; но разсмотрите его въ лупу—и передъ вами появится точно такая же сѣтка, какая изображена на рис. 110. Этотъ, такъ озадачившій васъ рисунокъ представляетъ собой не что иное, какъ сильно увеличенный участокъ обыкновенной тоновой иллюстраціи. Разница лишь въ томъ, что когда сѣтка мелка, она сливается въ сплошной фонъ уже на близкомъ разстояніи,—именно на томъ, на которомъ мы обыкновенно держимъ книгу при чтеніи. Когда же сѣтка крупна, сліяніе происходитъ на соотвѣтственно большемъ разстояніи.

Необыкновенныя колеса.

Случалось ли вамъ черезъ рѣшетку забора или, еще лучше, на полотнѣ кинематографа слѣдить за спицами колесъ быстро движущейся кареты или автомобиля? Вѣроятно, вы замѣчали при этомъ странное явленіе: автомобиль мчится съ головокружительной быстротой, а между тѣмъ его колеса едва-едва вертятся, а то и вовсе не вертятся. Мало того: иногда они вращаются даже въ противоположномъ направленіи!

Конечно, это только иллюзія зрѣнія, но она такъ необычайна, что положительно приводитъ въ недоумѣніе всѣхъ, кто замѣчаетъ ее впервые.

Объясняется этотъ своеобразный обманъ зрѣнія слѣдующимъ образомъ. Слѣдя за вращеніемъ колеса черезъ отверстія забора, мы видимъ колесныя спицы не непрерывно, а черезъ равные промежутки времени, такъ какъ планки забора каждое мгновеніе заслоняютъ ихъ отъ насъ. Точно также и кинематографическая лента запечатлѣваетъ изображенія колесъ съ перерывами, въ отдѣльные моменты. Здѣсь возможны *три случая*, которые мы сейчасъ и разсмотримъ одинъ за другимъ.

Во-первыхъ, можетъ случиться, что за время перерыва колесо успѣетъ сдѣлать *цѣлое число оборотовъ* — безразлично сколько: 2 или 20 — только бы число это было цѣлое. Тогда спицы колеса на новомъ снимкѣ займутъ то же самое положеніе, что и на прежнемъ. Въ слѣдующій промежутокъ колесо сдѣлаетъ опять *цѣлое* число оборотовъ (такъ какъ величина промежутка и скорость автомобиля не измѣняются)—и положеніе спицъ снова останется прежнимъ. Видя все время одно и то же положеніе спицъ, мы невольно заключаемъ, что колесо вовсе не вертится.

Второй случай: колесо успѣваетъ въ каждый промежутокъ сдѣлать цѣлое число оборотовъ *плюсъ еще часть оборота*, весьма небольшую (напр. $^1/_{100}$). Наблюдая за смѣной такихъ изображеній, мы о цѣломъ числѣ сдѣланныхъ оборотовъ не можемъ и догадаться, а будемъ видѣть лишь медленное вращеніе колеса (съ каждымъ разомъ на $^1/_{100}$ оборота). Въ результатѣ намъ покажется, что, несмотря на быстрое перемѣщеніе автомобиля, его колеса вращаются чрезвычайно лѣниво.

Третій случай. Его удобнѣе разсмотрѣть на наглядномъ примѣрѣ (см. черт. 111). Двѣ сосѣднія спицы *A* и *B* первоначально находились въ положеніи, показанномъ на лѣвой фигурѣ черт. 111. На слѣдующемъ снимкѣ, сдѣлавъ нѣкоторое число оборотовъ влѣво, тѣ же спицы заняли положеніе, обозначенное буквами *D* и *C*. Такъ какъ дуга *AC* меньше, чѣмъ дуга *AD*, то будетъ казаться, что спица *A* повернулась не впередъ, къ точкѣ *D*, а назадъ, къ точкѣ *C*, т. е. мы принимаемъ спицу *B* за перемѣстившуюся назадъ спицу *A* (вѣдь всѣ спицы сходны между собою). Въ результатѣ намъ покажется, что колесо вращается въ *обратномъ направленіи*. И это обманчивое впечатлѣніе будетъ длиться до тѣхъ поръ, пока автомобиль не измѣнитъ своей скорости настолько, чтобы дуга *AC* стала больше дуги *AD*.

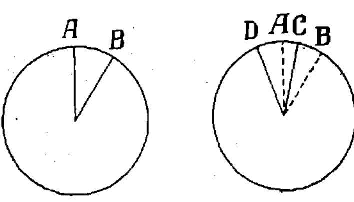


Рис. 111. Почему на экранѣ кинематографа колеса иногда кажутся вращающимися въ обратномъ направленіи.

Остается только внести маленькія поправки въ наше объясненіе. Въ первомъ случаѣ мы, ради простоты, говорили о

числѣ *полныхъ оборотовъ* колеса; но такъ какъ спицы колеса похожи одна на другую, то достаточно, чтобы колесо повернулось на цѣлое число *промежутковъ* между спицами. То же относится и ко второму случаю.

Когда показываютъ въ кинематографѣ обыкновенныя сцены, эта иллюзія, разумѣется, мало вредитъ естественности впечатлѣнія. Но если на экранѣ хотятъ объяснить дѣйствіе какого-нибудь механизма, то этотъ обманъ зрѣнія можетъ породить весьма серьезныя недоразумѣнія и даже дать совершенно превратное представленіе о работѣ машины.

Почему заяцъ „косой"?

Человѣкъ — одно изъ немногихъ существъ въ мірѣ, глаза которыхъ приспособлены къ одновременному разсматриванію одного и того же предмета; у него поле зрѣнія праваго глаза лишь немного не совпадаетъ съ полемъ зрѣнія лѣваго глаза. Большинство же животныхъ смотритъ каждымъ глазомъ

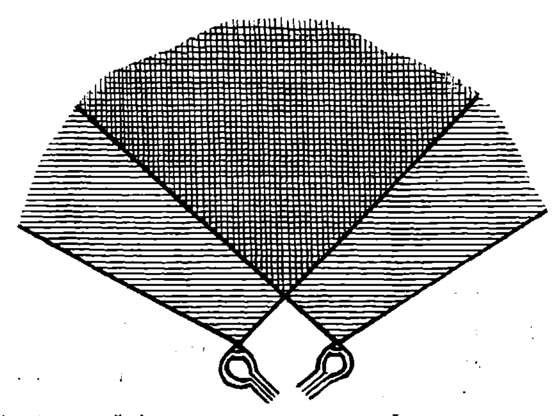


Рис. 112. Поля зрѣнія обоихъ глазъ человѣка почти совпадаютъ.

отдѣльно. Видимые ими предметы не отличаются тою рельефностью, къ которой мы привыкли, но зато поле ихъ зрѣнія гораздо обширнѣе, чѣмъ у насъ. На чертежѣ 112-мъ наглядно изображено поле зрѣнія человѣка: каждый глазъ видитъ въ предѣлахъ угла въ 120 градусовъ, и оба эти угла почти покрываютъ другъ друга.

Сравните этотъ чертежъ съ чертежомъ 113, изображающимъ поле зрѣнія зайца: не поворачивая головы, заяцъ своими разставленными по бокамъ глазами видитъ не только то, что находится впереди его, *но и то, что находится позади*. Оба поля зрѣнія его глазъ смыкаются и спереди и сзади! Теперь вамъ понятно, почему такъ трудно подкрасться къ зайцу, не спугнувъ его. Но зато заяцъ совершенно не видитъ того, что расположено непосредственно передъ его мордой; ему приходится, чтобы увидѣть весьма близкій предметъ, повертывать голову на-бокъ.

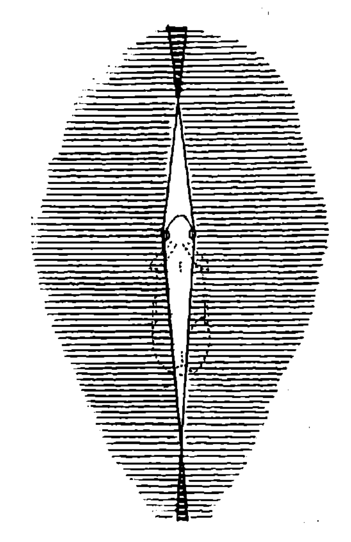


Рис. 113. Какъ видитъ заяцъ? Поля зрѣнія обоихъ его глазъ смыкаются не только впереди, но и сзади.

Почти всѣ беззащитныя копытныя и жвачныя животныя также обладаютъ этой способностью «всесторонняго» зрѣнія; правда, ихъ зрительные образы не такъ отчетливы, но зато отъ животнаго не ускользаетъ ни малѣйшее движеніе, совершающееся кругомъ него. Подвижныя хищныя животныя, которымъ приходится чаще всего самимъ быть нападающей стороною,— лишены этой способности видѣть кругомъ себя; они обладаютъ «двуглазымъ» зрѣніемъ, позволяющимъ имъ зато точно оцѣнивать разстояніе для прыжка.

Давленіе лучей свѣта.

«Когда мы наблюдаемъ,—говоритъ одинъ англійскій физикъ,—какъ плотина размывается во время шторма, намъ легко вѣрится, что морскія волны производятъ давленіе на берегъ, о который онѣ ударяются. Но намъ трудно повѣрить, что микроскопическія свѣтовыя волны также давятъ на всякій предметъ, на который онѣ падаютъ; что зажженная лампа, напримѣръ, посылаетъ волны, производящія давленіе на самый источникъ свѣта и на всякую поверхность, которую онѣ освѣщаютъ. А

между тѣмъ, намъ теперь достовѣрно извѣстно, что свѣтъ производитъ подобнаго рода давленіе».

Спѣшу прибавить, что давленіе это крайне ничтожно; лучи Солнца давятъ на земную поверхность съ силою одного *миллиграмма* на каждый квадратный метръ. Вся обращенная къ Солнцу сторона земного шара испытываетъ отъ солнечныхъ лучей давленіе въ 600 милліоновъ пудовъ. Цыфра эта кажется, конечно, колоссальной, но она много потеряетъ въ вашихъ глазахъ, если я скажу вамъ, что она меньше той силы, съ которой Земля притягивается Солнцемъ, въ 50 билліоновъ (т. е. *50 милліоновъ милліоновъ*) разъ!

Для мелкихъ тѣлъ отношеніе между силою свѣтового давленія и силой притяженія выражается болѣе крупной дробью, чѣмъ для земного шара. Это и понятно, такъ какъ сила давленія лучей свѣта пропорціональна поверхности тѣла, а сила притяженія пропорціональна массѣ. Если бы, напримѣръ, поперечникъ земного шара былъ вдвое меньше, то объемъ и масса его уменьшилась бы въ 8 разъ, а поверхность — въ 4 раза; вслѣдствіе этого притяженіе уменьшилось бы въ 8 разъ, но давленіе лучей — всего въ 4 раза.

Отсюда вытекаетъ одно любопытное слѣдствіе. Такъ какъ отталкивающая сила лучей Солнца съ уменьшеніемъ поперечника освѣщаемаго тѣла убываетъ медленнѣе, нежели притягательная, то ясно, что при нѣкоторой, очень маленькой величинѣ тѣла, обѣ силы должны стать равными. Вычислено, что микроскопически маленькая водяная капелька діаметромъ въ $^3/_4$ микрона *) испытываетъ со стороны Солнца давленіе, равное его притяженію. Другими словами, такая капелька какъ бы не притягивается Солнцемъ. Для еще болѣе мелкихъ капель сила свѣтового давленія должна уже *превышать* силу солнечнаго притяженія, т. е. такая капля *будетъ отталкиваться лучами Солнца*. Перевѣсъ свѣтового давленія надъ притяженіемъ, даетъ, правда, въ данномъ случаѣ ничтожную силу, — но не забудьте, что вѣдь и вѣсъ этой капельки неизмѣримо малъ. Неудивительно поэтому, что скорость, которую лучи свѣта сообщаютъ такой капелькѣ, можетъ достигать огромной величины — нѣсколькихъ сотенъ или даже тысячъ верстъ въ секунду!

---

*) Микронъ $= \frac{1}{1000}$ миллиметра.

Теперь вамъ не покажется страннымъ, что мельчайшіе обитатели земного шара́, нѣкоторыя бактеріи и особенно ихъ споры (зародыши) могутъ, достигнувъ границъ атмосферы, покидать нашу планету и уноситься въ безпредѣльное міровое пространство съ огромной, при томъ все возрастающей скоростью въ сотни и тысячи верстъ въ секунду. Извѣстный шведскій ученый Сванте Аррениусъ допускаетъ даже, что этимъ путемъ могутъ переноситься съ планетъ на планету зародыши жизни... Такая скорость болѣе чѣмъ достаточна для преодолѣнія силы земного притяженія, ибо тѣла уже при скорости 11 верстъ въ секунду должны навсегда удаляться отъ земной поверхности. Обладая скоростью, напримѣръ, въ 500 верстъ, бактерія въ одинъ день прошла бы путь, равный поперечнику земной орбиты, въ нѣсколько недѣль достигла бы Нептуна, а черезъ нѣсколько столѣтій могла бы перенестись въ сосѣдство съ ближайшими неподвижными звѣздами.

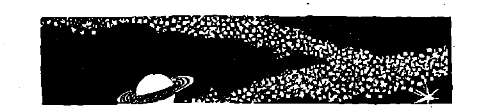
По океану вселенной.

Если у васъ живое воображеніе, то при чтеніи послѣднихъ строкъ, вы навѣрное подумали: а не можетъ ли и человѣкъ воспользоваться тѣмъ же способомъ для межпланетнаго путешествія? Это было бы такъ заманчиво, что стоитъ остановиться немного на подобной идеѣ.

Вопросъ, въ сущности, сводится къ тому, чтобы соорудить снарядъ, для котораго отношеніе поверхности къ массѣ было бы такое же выгодное, какъ у мельчайшихъ бактерій. Вычисленіе показываетъ, что зеркальная поверхность, площадью въ одинъ метръ, должна вѣсить всего два грамма, если мы хотимъ, чтобы свѣтовое явленіе могло увлечь такое зеркало въ міровое пространство со скоростью сотенъ верстъ въ секунду. Если бы этотъ металлическій листъ былъ сдѣланъ изъ серебра, то, чтобы придать ему вѣсъ въ 2 грамма, нужно было бы расплющить его до толщины въ 0,1 микрона, т. е. до одной десятитысячной миллиметра. Золото (но не серебро) мы можемъ расплющить именно до такой толщины. Однако, столь тонкіе металлическіе листочки становятся до нѣкоторой степени прозрачными для лучей свѣта, и, слѣдовательно, лучевое давленіе для нихъ значительно ослабѣваетъ.

Но допустимъ на минуту, что техника преодолѣла это препятствіе. Пусть въ нашемъ распоряженіи имѣется металлическій сплавъ, который даже вдесятеро легче серебра и можетъ расплющиваться до толщины въ одну десятую микрона, сохраняя при этомъ способность полностью отражать лучи свѣта. Какъ вы думаете: какой величины понадобилось бы зеркало изъ этого металла, чтобы подъ ударами свѣтовыхъ лучей оно могло унести въ міровое пространство каюту съ пассажирами и всѣми необходимыми припасами? Легко вычислить, что зеркало должно было бы имѣть поверхность ни мало ни много—въ нѣсколько квадратныхъ верстъ!

Даже фантазія романистовъ останавливается передъ сооруженіемъ такого гигантскаго зеркала, которое должно служить какъ бы парусомъ въ межпланетныхъ путешествіяхъ. Такъ, въ одномъ русскомъ астрономическомъ романѣ авторъ предпочелъ допустить, что физики ошибаются насчетъ истинной величины свѣтового давленія и что въ дѣйствительности оно въ 1000 разъ болѣе, чѣмъ мы полагаемъ. При такомъ допущеніи (которое, къ слову сказать, внесло бы изрядное разстройство въ движеніе планетъ и особенно кометъ) романисту удается, конечно, соорудить межпланетный корабль, вполнѣ пригодный для потребностей фантастическаго романа, но, увы!—совершенно неосуществимый въ реальной дѣйствительности...



ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

Звукъ.—Волнообразное движенiе.

Звукъ и пуля.

Когда пассажиры Жюль-Вернова ядра полетѣли на Луну, они не слышали звука выстрѣла колоссальной пушки, извергнувшей ихъ изъ своего жерла. Иначе и быть не могло. Какъ бы оглушителенъ ни былъ грохотъ, скорость распространенiя его (какъ и вообще всякаго звука въ воздухѣ) равнялась всего лишь 330 метрамъ,—а герои романа неслись въ ядрѣ со скоростью 11.000 метровъ въ секунду. Понятно, что звукъ выстрѣла не могъ догнать ядра и достичь ушей пассажировъ.

Вамъ, вѣроятно, интересно будетъ узнать, какъ обстоитъ дѣло съ настоящими, не фантастическими ядрами и пулями: движутся ли онѣ быстрѣе звука, или, напротивъ, звукъ перегоняетъ ихъ и предупреждаетъ жертву о приближенiи смертоноснаго снаряда?

Современныя ружья сообщаютъ пулямъ въ моментъ выстрѣла скорость, почти вдвое бóльшую, чѣмъ скорость звука въ воздухѣ,—именно около 600 метровъ въ секунду (скорость звука при 0^0 равна 332 метрамъ). Правда, звукъ распространяется равномѣрно, пуля же летитъ, замедляя все время быстроту своего полета. Однако, въ теченiе бóльшей части своего пути пуля все же движется быстрѣе звука. Отсюда прямо слѣдуетъ, что если во время перестрѣлки вы слышите звукъ выстрѣла или свистъ пули, то можете не безпокоиться—*эта пуля уже миновала васъ*. Пуля перегоняетъ не только звукъ выстрѣла, но и производимый ею при движенiи свистъ; и если вамъ суждено стать ея жертвой, то пуля попадетъ въ васъ раньше, чѣмъ звукъ выстрѣла или свистъ полета достигнетъ до васъ.

Мнимый взрывъ.

Состязаніе въ скорости между летящимъ тѣломъ и производимымъ имъ звукомъ заставляетъ насъ иногда невольно дѣлать ошибочныя заключенія, подчасъ совершенно не отвѣчающія истинной картинѣ явленія.

Любопытный примѣръ представляетъ болидъ, пролетающій высоко надъ нашей головой. Болиды, проникающіе въ атмосферу нашей планеты изъ мірового пространства, обладаютъ огромною скоростью, которая, даже будучи уменьшена сопро-

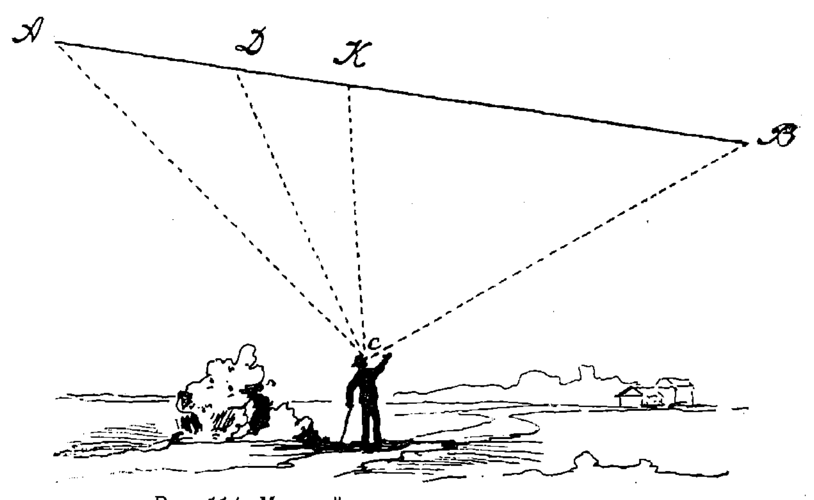


Рис. 114. Мнимый взрывъ падающаго камня.

тивленіемъ атмосферы, все же *въ десятки разъ быстрѣе звука*. Прорѣзая и накаляя воздухъ, болиды нерѣдко производятъ шумъ, напоминающій громъ. Вообразите, что мы находимся въ точкѣ *C*, а вверху надъ нами по линіи *AB* летитъ болидъ. Звукъ, производимый болидомъ въ точкѣ *A*, дойдетъ до насъ (въ *C*) только тогда, когда самъ болидъ успѣетъ уже переместиться въ точку *B*; такъ какъ болидъ летитъ гораздо быстрѣе звука, то онъ можетъ успѣть дойти до нѣкоторой точки *D* и отсюда послать намъ звукъ раньше, чѣмъ дойдетъ до насъ звукъ изъ точки *A*. Поэтому мы услышимъ сначала звукъ изъ точки *D* и лишь потомъ звукъ изъ точки *A*. И такъ какъ изъ точки *B* звукъ придетъ къ намъ тоже позднѣе, чѣмъ изъ

точки *D*, то гдѣ-то надъ нашей головой должна быть такая точка *K*, находясь въ которой болидъ подаетъ о себѣ звуковой сигналъ раньше всего.

И вотъ результатъ: то, что мы *услышимъ*, будетъ вовсе не похоже на то, что мы *увидимъ*. Для *глаза* болидъ появится прежде всего въ точкѣ *A* и отсюда пролетитъ по линіи *AB*. Но для *уха* болидъ появится прежде всего гдѣ-то въ точкѣ *K* надъ нашей головой, затѣмъ мы услышимъ въ одно время два звука, затихающіе по противоположнымъ направленіямъ—отъ *K* къ *A* и отъ *K* къ *B*. Другими словами, мы услышимъ, какъ болидъ распался на двѣ части, которыя унеслись въ противоположныя стороны. Между тѣмъ, въ дѣйствительности никакого взрыва не происходило. Вотъ до чего обманчивы могутъ быть слуховыя впечатлѣнія!

Счастливая случайность.

Если бы звукъ распространялся въ воздухѣ не со скоростью 330 метровъ въ секунду, а гораздо медленнѣе, то всякаго рода обманчивыя слуховыя впечатлѣнія наблюдались бы гораздо чаще.

Вообразите, напримѣръ, что звукъ пробѣгаетъ въ секунду не 330 метровъ, а 330 миллиметровъ (полъ-аршина), т. е. движется медленнѣе пѣшехода. Вы сидите въ креслѣ и слушаете разсказъ вашего знакомаго, который имѣетъ привычку говорить, расхаживая взадъ и впередъ по комнатѣ. При обыкновенныхъ обстоятельствахъ это расхаживаніе нисколько не мѣшаетъ вамъ слушать; но при уменьшенной скорости звука вы ровно ничего не поймете изъ рѣчи вашего гостя: звуки, произнесенные имъ прежде, будутъ перемѣшиваться съ новыми, и получится путаница звуковъ, лишенная всякаго смысла.

Между прочимъ, въ тѣ моменты, когда гость приближается къ вамъ, звуки его словъ будутъ достигать до васъ въ *обратномъ порядкѣ*: сначала до вашего слуха достигнутъ звуки, только что произнесенные, потомъ звуки, произнесенные ранѣе, затѣмъ—еще ранѣе и т. д.—потому что произносящій обгоняетъ свои звуки и все время находится впереди нихъ, продолжая издавать новые. Изъ всѣхъ фразъ, произнесенныхъ при подобныхъ условіяхъ, вы могли бы понять развѣ

только ту, которою великовозрастный бурсакъ изумилъ нѣкогда юнаго Карася-Помяловскаго *):

Я ИДУ СЪ МЕЧЕМЪ, СУДІЯ.

Мы должны быть благодарны судьбѣ за ту счастливую случайность, что звукъ пробѣгаетъ въ воздухѣ каждую секунду сотни метровъ: при значительно меньшей скорости намъ, быть можетъ, пришлось бы отказаться отъ устной рѣчи...

Самый медленный разговоръ.

Если вы думаете, что дѣйствительная скорость звука въ воздухѣ—треть версты въ секунду—всегда достаточная быстрота, то сейчасъ измѣните свое мнѣніе.

Вообразите, что вмѣсто электрическаго телефона, между Москвой и Петроградомъ устроена обыкновенная говорная труба въ родѣ тѣхъ домашнихъ телефоновъ, которыми соединяются отдѣльныя помѣщенія большихъ магазиновъ. Вы стоите у петроградскаго конца этой 600-верстной трубы, а вашъ собесѣдникъ—у московскаго. Вы задаете ему вопросъ и ожидаете отвѣта. Проходитъ пять, десять, пятнадцать минутъ—отвѣта нѣтъ Вы начинаетъ безпокоиться и думаете, что съ вашимъ собесѣдникомъ случилось несчастіе. Но опасенія напрасны: вашъ вопросъ *еще не дошелъ до Москвы* и находится теперь только на половинѣ пути. Пройдетъ еще четверть часа, прежде чѣмъ вашъ знакомый въ Москвѣ услышитъ вопросъ и сможетъ дать отвѣтъ. Но и его реплика будетъ итти изъ Москвы въ Петроградъ не менѣе получаса, такъ что отвѣтъ на свой вопросъ вы получите только черезъ часъ.

Можете сами провѣрить расчетъ: отъ Петрограда до Москвы 600 верстъ; звукъ проходитъ въ секунду $^1/_3$ версты; значитъ, разстояніе между столицами онъ пробѣжитъ въ 1800 секундъ, или въ 30 минутъ.

Вы понимаете, что при такихъ условіяхъ, разговаривая цѣлый день съ утра до вечера, вы едва успѣете обмѣняться десяткомъ фразъ.

---

*) Строго говоря, это, конечно, невѣрно: мы произносимъ въ одинъ пріемъ не отдѣльныя буквы, а цѣлые слога. Фраза будетъ слышна приблизительно такъ: я дісу м-чо-мес ду-и-я.

Скорѣйшимъ путемъ.

Было время, когда такой способъ передачи извѣстій считался очень быстрымъ. Сто лѣтъ тому назадъ никто еще не мечталъ объ электрическомъ телеграфѣ и телефонѣ, и передача новости за 600 верстъ въ теченіе нѣсколькихъ часовъ признавалась идеаломъ быстроты.

Разсказываютъ, что при коронованіи императора Павла I извѣщеніе о моментѣ начала торжества въ Москвѣ было передано въ Петроградъ слѣдующимъ образомъ. Вдоль всего пути между обѣими столицами были разставлены солдаты, въ ста саженяхъ одинъ отъ другого; при первомъ ударѣ колокола Успенскаго собора ближайшій солдатъ выстрѣлилъ въ воздухъ; его сосѣдъ, услыхавъ сигналъ, также немедленно разрядилъ ружье, за ними стрѣлялъ третій часовой—и такимъ образомъ сигналъ былъ переданъ въ Петроградъ въ теченіе всего трехъ часовъ. И спустя три часа послѣ перваго удара колокола Успенскаго собора, уже грохотали пушки Петропавловской крѣпости.

Если бы звонъ московскихъ колоколовъ могъ быть непосредственно услышанъ въ Петроградѣ, то этотъ звукъ, какъ мы уже знаемъ, пришелъ бы въ сѣверную столицу съ опозданіемъ всего на полчаса. Значитъ, изъ трехъ часовъ, употребленныхъ на передачу сигнала, $2^1/_2$ часа ушло на то, что солдаты воспринимали звуковое впечатлѣніе и дѣлали необходимыя для выстрѣла движенія; какъ ни ничтожно это промедленіе, все же изъ тысячъ такихъ маленькихъ промежутковъ времени накопилось $2^1/_2$ часа.

Звуковой телеграфъ у дикихъ народовъ.

Передача извѣстій посредствомъ звуковыхъ сигналовъ еще и теперь очень распространена у первобытныхъ обитателей Африки, Центральной Америки и Полинезіи. Для этой цѣли дикари употребляютъ особые барабаны, съ помощью которыхъ передаютъ звуковые сигналы на огромное разстояніе: условный сигналъ, услышанный въ одномъ мѣстѣ, повторяется въ дру-

гомъ, передается такимъ образомъ далѣе,—и въ короткое время обширная область увѣдомляется о какомъ-либо важномъ событіи.

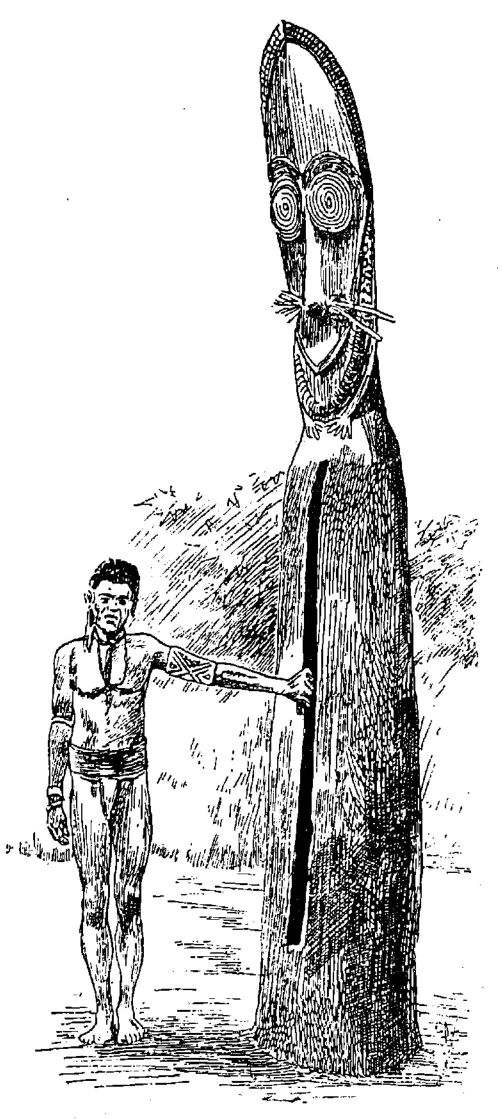


Рис. 116. Выдолбленный стволъ у туземныхъ жителей Новыхъ Гебридъ. Стволъ этотъ служитъ для звуковой сигнализаціи.

Во время войны Италіи съ Абессиніей всѣ передвиженія итальянскихъ войскъ быстро становились извѣстными негусу Менелику; обстоятельство это приводило въ недоумѣніе штабъ итальянской арміи, не подозрѣвавшій о существованіи у противника звукового телеграфа.

То же самое наблюдалось и во время англо-бурской войны: благодаря «телеграфу» кафровъ, всѣ военныя извѣстія съ необыкновенной быстротой распространялись среди обитателей Капленда, на нѣсколько сутокъ опережая официальныя донесенія черезъ курьеровъ.



Рис. 115. Житель острововъ Фиджи, бьющій въ сигнальный барабанъ.

Беззвучные звуки.

Есть люди, которые совершенно не слышатъ такихъ рѣзкихъ звуковъ, какъ пѣніе сверчка или пискъ летучей мыши. Не думайте, что эти люди глухи—нѣтъ, ихъ органы слуха въ полной исправности, и все же они не слышатъ очень высокихъ тоновъ. Тиндаль — знаменитый англійскій физикъ — утверждалъ, что нѣкоторые люди не слышатъ даже чириканья воробья!

Вообще наше ухо воспринимаетъ далеко не всѣ колебанія, происходящія близъ насъ. Если тѣло совершаетъ въ секунду менѣе 16 колебаній, мы звука не слышимъ. Если оно совершаетъ больше 40.000 колебаній, мы опять не слышимъ его. Верхняя граница воспріятія тоновъ у разныхъ лицъ различна; поэтому и происходитъ то странное явленіе, что пронзительный, высокій тонъ, отчетливо слышимый однимъ лицомъ, для другого словно не существуетъ. Многія насѣкомыя (напримѣръ, сверчокъ) издаютъ звуки, тонъ которыхъ отвѣчаетъ 40.000 колебаній въ секунду: для однихъ ушей эти тона существуютъ, для другихъ — нѣтъ; такіе нечувствительные къ высокимъ тонамъ люди наслаждаются полной тишиной тамъ, гдѣ другіе слышатъ цѣлый хаосъ пронзительныхъ звуковъ. Тиндаль разсказываетъ, что наблюдалъ однажды подобный случай во время прогулки въ Швейцаріи со своимъ другомъ: «Луга по обѣимъ сторонамъ дороги кишѣли насѣкомыми, которыя для моего слуха наполняли воздухъ своимъ рѣзкимъ жужжаніемъ—но мой другъ *ничего этого не слышалъ*: музыка насѣкомыхъ лежала внѣ границы его слуха».

Пискъ летучей мыши цѣлой октавой ниже пронзительнаго пѣнія насѣкомыхъ, т. е. колебанія воздуха при этомъ вдвое менѣе часты. Но попадаются люди, для которыхъ граница воспріятія тоновъ лежитъ еще ниже, и летучія мыши для нихъ—существа безгласныя.

Для кого ежедневная газета выходитъ дважды въ день?

Сейчасъ мы займемся задачей, которая, повидимому, никакого отношенія ни къ звуку, ни вообще къ физикѣ не имѣетъ. Тѣмъ не менѣе я попрошу васъ удѣлить ей минуту вниманія:

она поможетъ намъ легче уяснить себѣ кое-что изъ дальнѣйшаго.

Вы, вѣроятно, уже встрѣчались съ этой задачей въ одномъ изъ ея многочисленныхъ видоизмѣненій. Изъ Петрограда во Владивостокъ каждый полдень выходитъ поѣздъ (этого нѣтъ, но вообразимъ, что это такъ). И каждый полдень изъ Владивостока въ Петроградъ также выходитъ поѣздъ. Переѣздъ длиться, положимъ, 20 дней. Спрашивается: сколько поѣздовъ дальняго слѣдованія встрѣтится вамъ во время путешествія изъ Владивостока въ Петроградъ?

Чаще всего отвѣчаютъ: 20. Такъ отвѣтили даже нѣкоторые ученые, когда на съѣздѣ математиковъ одинъ изъ нихъ за завтракомъ предложилъ эту задачу коллегамъ. Однако, отвѣтъ неправиленъ: вы встрѣтите не только тѣ 20 поѣздовъ, которые выйдутъ изъ Петрограда *послѣ* вашего отбытія, но и тѣ 20, которые къ моменту вашего отъѣзда *уже находились въ пути*. Слѣдовательно, правильный отвѣтъ 40, а не 20.

Далѣе. Каждый петроградскій поѣздъ везетъ съ собою свѣжіе номера столичныхъ газетъ. И если вы интересуетесь новостями изъ Петрограда, вы, конечно, будете на станціяхъ усердно покупать газеты. Сколько же свѣжихъ номеровъ каждой газеты купите вы за 20 дней пути?

Васъ теперь не затруднитъ правильный отвѣтъ: 40. Вѣдь каждый встрѣчаемый вами поѣздъ везетъ новые номера, а такъ какъ вы встрѣтите 40 поѣздовъ, то и номеровъ газеты прочтете тоже 40. Но путешествуете вы всего 20 дней, — значитъ, вы будете читать ежедневную газету дважды въ день!

Выводъ немного неожиданный, и вы, вѣроятно, не сразу повѣрили бы ему, если бы вамъ не случалось на практикѣ убѣждаться въ его правильности. Вспомните, хотя бы, что во время двухдневнаго переѣзда изъ Кіева въ Петроградъ вы успѣвали прочитать петроградскія газеты не за *два*, а за *четыре* дня: тѣ два номера, которые уже вышли въ Петроградѣ къ моменту вашего отъѣзда, да еще два номера, которые выходятъ въ свѣтъ въ теченіе двухъ дней пути.

Итакъ, вы знаете уже, для кого ежедневныя столичныя газеты выходятъ дважды въ день: для пассажировъ всѣхъ почтовыхъ поѣздовъ, ѣдущихъ въ столицу.

Давъ волю фантазіи, вы можете представить себѣ до крайности наивнаго провинціала, который въ первый разъ въ жизни совершаетъ дальнюю поѣздку въ Петроградъ: что подумаетъ онъ о быстротѣ петроградской жизни, если будетъ судить о ней по газетамъ, совершенно забывая, что читаетъ ихъ въ движущемся поѣздѣ? Онъ можетъ подумать, что время въ Петроградѣ течетъ вдвое быстрѣе, чѣмъ въ его родномъ городѣ, что въ теченіи недѣли тамъ бываетъ 14 дней, при чемъ сутки длятся всего 12 часовъ, и на языкѣ столичнаго жителя «вчера» значитъ «сегодня утромъ»...

Конечно, поддаться такому самообману невозможно. Но зато въ другой области, какъ вы сейчасъ увидите, мы нерѣдко становимся жертвами именно подобной иллюзіи.

Задача о паровозныхъ свисткахъ.

Если вы обладаете развитымъ музыкальнымъ слухомъ, то замѣтили, вѣроятно, какъ измѣняется тонъ (не громкость, а именно *тонъ*) паровознаго свистка, когда встрѣчный поѣздъ проносится мимо вашего. Пока оба поѣзда сближались, тонъ былъ замѣтно *выше* того, который слышится вамъ, когда поѣзда удаляются другъ отъ друга. Если поѣзда идутъ быстро (50 верстъ въ часъ), то разница въ высотѣ звука достигаетъ почти цѣлаго тона.

Отчего же это происходитъ?

Вамъ не трудно будетъ догадаться о причинѣ, если вы вспомните, что высота тона зависитъ отъ числа колебаній; сопоставьте же это съ тѣмъ, что вы узнали при обсужденіи предыдущей задачи. Свистокъ встрѣчнаго паровоза все время испускаетъ одинъ и тотъ же звукъ, съ опредѣленнымъ числомъ колебаній. Но ваше ухо воспринимаетъ различное число колебаній, въ зависимости отъ того, ѣдете ли вы навстрѣчу, стоите ли на мѣстѣ, или удаляетесь отъ источника колебаній.

И подобно тому, какъ ѣдучи въ Петроградъ вы читаете ежедневную газету чаще семи разъ въ недѣлю, такъ и здѣсь, приближаясь къ источнику звука, вы улавливаете колебанія ч а щ е, ч ѣ м ъ о н и в ы х о д я т ъ и з ъ с в и с т к а л о к о м о т и в а. Но здѣсь вы уже не разсуждаете, какъ прежде; ваше ухо по-

лучаетъ увеличенное число колебаній—и вы слышите повышенный тонъ. Удаляясь, вы получаете меньшее число колебаній—и слышите пониженный тонъ.

Если это объясненіе не окончательно убѣдило васъ, попробуйте непосредственно прослѣдить (конечно, мысленно) за тѣмъ, какъ распространяются звуковыя волны отъ свистка паровоза. Разсмотрите сначала *неподвижный* паровозъ (рис. 116-й, вверху). Свистокъ производитъ воздушныя волны, и мы разсмотримъ для простоты только 4 волны; отъ неподвижнаго паровоза онѣ успѣютъ распространиться въ какой-нибудь промежутокъ времени на одно и то же разстояніе по всѣмъ направленіямъ. Волна № 0 дойдетъ до наблюдателя *A* черезъ столько же времени, какъ и до наблюдателя *B*; затѣмъ до обоихъ наблюдателей одновременно дойдетъ волна № 1, № 2, потомъ № 3 и т. д. Уши обоихъ наблюдателей въ секунду получаютъ одинаковое число толчковъ, и потому оба услышатъ одинъ и тотъ же тонъ.

Другое дѣло, если свистящій паровозъ *движется* отъ *B* къ *A* (нижній черт.). Пусть въ нѣкоторый моментъ свистокъ находится въ точкѣ *C*, а за время, когда онъ испустилъ четыре волны, онъ уже успѣлъ дойти до точки *D*. Теперь сравните, какъ будутъ распространяться звуковыя волны. Волна № 0, вышедшая изъ точки *C*, дойдетъ одновременно до обоихъ наблюдателей *A* и *B*. Но четвертая волна, образовавшаяся въ точкѣ *D*, дойдетъ до нихъ уже не одновременно: путь *DA* меньше пути *DB*, и слѣдовательно, къ *A* она дойдетъ раньше, чѣмъ къ *B*. Промежуточныя волны — № 1 и № 2, — также придутъ въ *B* позднѣе, чѣмъ въ *A*, но промедленіе будетъ меньшее. Что же получается? Наблюдатель въ точкѣ *A* будетъ чаще воспринимать звуковыя волны, нежели наблюдатель въ точкѣ *B*: первый услышитъ *болѣе высокій тонъ*, нежели второй. Вмѣстѣ съ тѣмъ,— какъ легко видѣть изъ чертежа, — длина волнъ, бѣгущихъ въ направленіи къ точкѣ *A*, будетъ соотвѣтственно короче волнъ, идущихъ къ *B* [1]).

[1]) Волнообразныя линіи на обоихъ рисункахъ не изображаютъ *формы* звуковыхъ волнъ: колебаніе частицъ въ воздухѣ происходитъ *вдоль* направленія движенія звука, а не поперекъ. Волны изображены здѣсь *поперечными* только ради большей наглядности.

Правило Допплера.

Явленіе, которое мы только что описали, было открыто 70 лѣтъ тому назадъ физикомъ Допплеромъ и навсегда осталось связаннымъ съ именемъ этого ученаго. Законъ измѣненія частоты волнъ при приближеніи или удаленіи наблюдателя и источника называется въ физикѣ «правиломъ Допплера». Оно примѣнимо

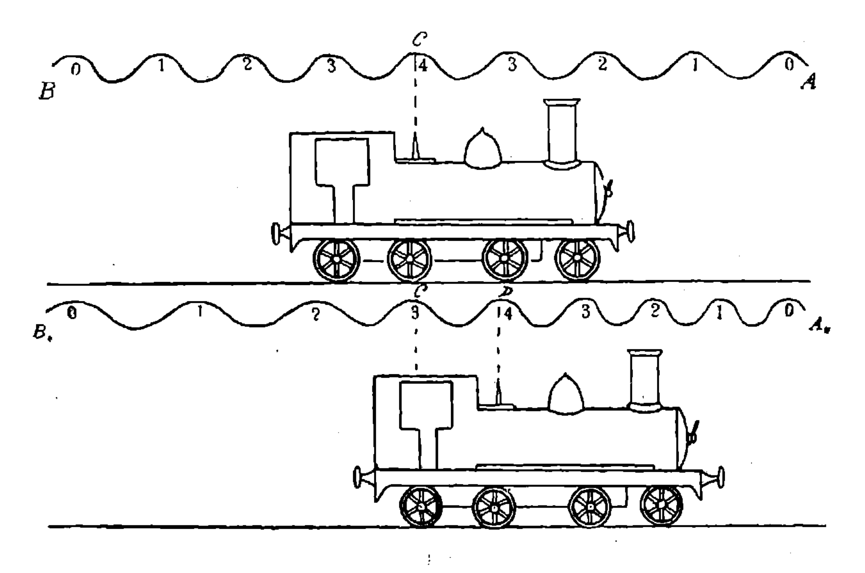


Рис. 116. Задача о паровозныхъ свисткахъ.

не только къ звуку, но и къ свѣтовымъ явленіямъ, потому что свѣтъ тоже распространяется волнами. Учащеніе волнъ (воспринимаемое въ случаѣ звуковыхъ волнъ, какъ повышеніе тона), кажется глазу измѣненіемъ *цвѣта.* Правило Допплера даетъ астрономамъ чудесную возможность не только открыть, приближается ли звѣзда къ намъ, или удаляется,—но даже позволяетъ измѣрить величину этого перемѣщенія.

Помощь астроному оказываетъ при этомъ боковое смѣщеніе темныхъ линій, прорѣзывающихъ полосу спектра. Внимательное изученіе того, въ какую сторону и насколько сдвинулись эти темныя линіи въ спектрѣ небеснаго свѣтила, позволило астрономамъ сдѣлать цѣлый рядъ изумительныхъ открытій. Такъ,

благодаря «правилу Допплера» мы знаемъ теперь, что яркая звѣзда Сиріусъ каждую секунду удаляется отъ насъ на 75 верстъ! Эта звѣзда находится отъ насъ на такомъ неимовѣрно огромномъ разстояніи, что удаленіе даже на билліоны верстъ не измѣняетъ его видимой яркости.

«Съ каждымъ годомъ—говоритъ К. Фламмаріонъ—разстояніе, отдѣляющее насъ отъ Сиріуса, увеличивается на 1.000 милліоновъ верстъ,—болѣе, чѣмъ на $2^1/_2$ милліона верстъ въ однѣ сутки! А между тѣмъ за четыре тысячи лѣтъ, протекшія съ тѣхъ поръ, какъ глаза земныхъ людей остановились на этой прекрасной звѣздѣ, она не измѣнила своего блеска! Въ эти тысячи лѣтъ наблюденія звѣзда прошла сотни тысячъ милліоновъ или даже билліоны верстъ; разница между теперешнимъ положеніемъ Сиріуса и положеніемъ его за четыре тысячи лѣтъ до насъ должна быть не менѣе *4 билліоновъ* верстъ,—и несмотря на такую разницу, Сиріусъ, повидимому, нисколько не уменьшилъ своей яркости, продолжая занимать до сихъ поръ царственное мѣсто среди всѣхъ звѣздъ!»

Мы, вѣроятно, никогда не узнали бы о движеніи этого свѣтила, если бы намъ не помогло правило Допплера.

Съ поразительною наглядностью сказывается на этомъ примѣрѣ то, что физика есть поистинѣ *всеобъемлющая* наука. Открывъ законъ для звуковыхъ волнъ, достигающихъ въ длину нѣсколькихъ аршинъ или саженъ, она увѣренно примѣняетъ его къ невообразимо маленькимъ свѣтовымъ волнамъ, длиною всего въ нѣсколько десятитысячныхъ долей миллиметра,—и затѣмъ съ необычайною точностью пользуется этимъ знаніемъ, чтобы измѣрять грандіозныя движенія гигантскихъ солнцъ.

Со скоростью звука.

Что услышали бы вы, если бы удалялись отъ играющаго оркестра со скоростью звука?

Человѣкъ, ѣдущій изъ Петрограда на почтовомъ поѣздѣ, на всѣхъ станціяхъ видитъ у газетчиковъ одни и тѣ же номера газетъ—именно тѣ, которые вышли въ день его отбытія. Это и понятно, потому что номера газетъ ѣдутъ вмѣстѣ съ пассажиромъ, а свѣжія газеты везутся поѣздами, идущими далеко позади. На этомъ основаніи можно, пожалуй, заключить,

что удаляясь отъ оркестра со скоростью звука, мы все время будемъ слышать одну и ту же ноту,—именно ту, которую онъ взялъ въ начальный моментъ нашего движенія.

Однако, заключеніе это не вѣрно; если вы удаляетесь со скоростью звука, то звуковыя волны вовсе не ударяютъ въ вашу барабанную перепонку, и слѣдовательно, вы не можете слышать никакого звука. Вы будете думать, что оркестръ внезапно прекратилъ игру.

Но почему же сравненіе съ газетами привело къ другому отвѣту? Да просто потому, что мы неправильно примѣнили въ данномъ случаѣ разсужденіе по сходству (аналогію). Пассажиръ, всюду встрѣчающій одни и тѣ же номера газетъ, вообразитъ (т. е. могъ бы вообразить, если бы забылъ о своемъ движеніи), что выпускъ новыхъ номеровъ въ столицѣ *вовсе прекратился* со дня его отъѣзда. Для него *газеты прекратили бы свое существованіе*,—какъ прекратилось бы существованіе звука для движущагося слушателя.

Возрожденіе старой ошибки.

Любопытно, что въ этомъ вопросѣ могутъ иногда запутаться даже ученые,—хотя, въ сущности, онъ не такъ ужъ сложенъ. Въ спорѣ со мной одинъ астрономъ (нынѣ покойный) не соглашался съ такимъ рѣшеніемъ предыдущей задачи и утверждалъ, что, удаляясь со скоростью звука, мы должны слышать все время одинъ и тотъ же тонъ. Онъ доказывалъ свою правоту слѣдующимъ разсужденіемъ (привожу отрывокъ изъ его письма):

«Пусть звучитъ нота извѣстной высоты. Она звучала такъ съ давняго времени и будетъ звучать неопредѣленно. Наблюдатели, размѣщенные въ пространствѣ, слышатъ ее послѣдовательно и, допустимъ, неослабно. Почему же вы не могли бы ее слышать, если бы съ быстротою звука или даже мысли перенеслись на мѣсто любого изъ этихъ наблюдателей?»

Точно такъ же доказывалъ онъ, что наблюдатель, удаляющійся отъ молніи со скоростью свѣта, будетъ все время непрерывно видѣть эту молнію:

«Представьте себѣ—писалъ онъ мнѣ — непрерывный рядъ глазъ въ пространствѣ. Каждый изъ нихъ будетъ получать свѣ-

товое впечатлѣніе послѣ предыдущаго; представьте, что вы мысленно и послѣдовательно можете побывать на мѣстѣ каждаго изъ этихъ глазъ, — и очевидно, вы все время будете видѣть молнію».

Разумѣется, ни то ни другое утвержденіе не вѣрны: при указанныхъ обстоятельствахъ *мы не услышимъ звука и не увидимъ молніи.* Я останавливаюсь на этихъ ошибочныхъ разсужденіяхъ потому, что ихъ, къ сожалѣнію, приходится встрѣчать даже въ книгахъ, написанныхъ извѣстными учеными. Фламмаріонъ, напримѣръ, дѣлаетъ ту же самую ошибку въ своемъ научно-фантастическомъ романѣ «Люменъ» [1]).

Такія разсужденія удивительно напоминаютъ знаменитый софизмъ Зенона о томъ, что летящая стрѣла неподвижна. Сущность ошибки во всѣхъ этихъ случаяхъ одна и та же. Нельзя утверждать, что если въ каждой точкѣ пространства *неподвижный* наблюдатель видитъ молнію и слышитъ звукъ, — то значитъ, онъ будетъ видѣть и слышать ихъ также при *перемѣщеніи* въ пространствѣ... Разъ наблюдатель *перемѣщается*, онъ перестаетъ быть неподвижнымъ, и къ нему нельзя уже примѣнить того, что справедливо только для неподвижнаго наблюдателя.

Свѣтъ и время.

Воспользуемся еще разъ нашей бесѣдой о поѣздахъ и газетахъ, чтобы обратить вниманіе на одно любопытное обстоятельство изъ области свѣтовыхъ явленій. Свѣтовыя волны— это тѣ же номера газетъ: если будемъ быстро двигаться имъ навстрѣчу, мы будемъ встрѣчать ихъ чаще, чѣмъ онѣ исходили изъ своего источника. И здѣсь-то мы вполнѣ уподобляемся тому вымышленному провинціалу, который воображаетъ, что время въ Петроградѣ течетъ быстрѣе, чѣмъ въ его родномъ городѣ.

Вспомнимъ, какъ была впервые опредѣлена скорость свѣта. Одинъ изъ спутниковъ Юпитера, обращающійся вокругъ него въ 42 часа, при каждомъ оборотѣ погружается въ тѣнь своей планеты. Съ Земли мы легко можемъ наблюдать это затменіе; а зная время обращенія спутника, можемъ заранѣе вычислить моменты начала и конца затменія. Оказалось, однако, что вы-

---

[1]) См. «Занимательная физика», книга первая.

численія и наблюденія не согласуются: когда Земля ближе къ Юпитеру, затменія наступаютъ *раньше*, чѣмъ въ тѣхъ случаяхъ, когда Земля дальше отъ этой планеты. Отсюда и вывели заключеніе, что свѣтъ требуетъ нѣкотораго времени для прохожденія излишка пути.

Это одинъ выводъ. Но обратите вниманіе и на второй выводъ, который тоже очень любопытенъ: когда мы приближаемся къ системѣ Юпитера, движеніе его спутника представляется намъ *ускореннымъ противъ дѣйствительнаго!* Вѣдь преждевременное наступленіе затменія спутника есть не что иное, какъ ускореніе его обращенія. И напротивъ, когда мы удаляемся отъ системы Юпитера, она начинаетъ *для насъ* вращаться медленнѣе. Если бы на мѣстѣ системы Юпитера находился грандіозный циферблатъ, а вмѣсто спутника двигалась бы стрѣлка, то мы видѣли бы, какъ стрѣлка этихъ міровыхъ часовъ движется то быстрѣе, то медленнѣе, въ зависимости отъ *скорости*, съ какою мы приближаемся къ нимъ или удаляемся отъ нихъ. Намъ бы казалось, что тамъ *время течетъ иначе, чѣмъ у насъ...*

Дальнѣйшее развитіе этой неожиданной мысли завело бы насъ въ область такихъ отвлеченныхъ теорій, разсматривать которыя не мѣсто въ этой книгѣ. Но вы видите уже, какія необычайныя вещи открываются подчасъ, если глубоко вдумываться въ самыя, казалось бы, простыя явленія.

«Занимательная физика» кончена. Если она возбудила въ читателѣ желаніе поближе познакомиться съ необъятной областью той науки, откуда почерпнута эта пестрая горсть простѣйшихъ свѣдѣній,—то задача автора выполнена, цѣль его достигнута, и съ чувствомъ полнаго удовлетворенія ставитъ онъ послѣднюю точку послѣ слова

КОНЕЦЪ.

Я. И. ПЕРЕЛЬМАНЪ.

ЗАНИМАТЕЛЬНАЯ ФИЗИКА

КНИГА ПЕРВАЯ.

Цѣна 1 рубль, съ перес. 1 руб. 20 коп.

Постановленіемъ Учебно-воспитательнаго Комитета Педагогическаго Музея военно-учебныхъ заведеній признана заслуживающей вниманія для чтенія учениковъ старшихъ классовъ среднихъ учебныхъ заведеній.

ИЗЪ ОТЗЫВОВЪ ПЕЧАТИ:

«Вѣстникъ Опытной Физики»:

Книга эта—дѣйствительно занимательная физика уже по однимъ тѣмъ занимательнымъ опытамъ, задачамъ и физическимъ парадоксамъ, которые въ ней такъ просто и интересно описаны. Здѣсь затрагиваются вопросы, имѣющіе, главнымъ образомъ, общеобразовательное значеніе, поэтому книгу можно особенно рекомендовать ученикамъ среднихъ школъ какъ для упражненій, такъ и для умственнаго развлеченія... Весь матеріалъ хорошо распредѣленъ, а потому задачи и опыты «Занимательной физики» идутъ въ строгой послѣдовательности,—что также является однимъ изъ достоинствъ книги. Внутреннее содержаніе, обиліе иллюстрацій, прекрасный внѣшній видъ книги и очень незначительная цѣна—все это служитъ залогомъ ея широкаго распространенія...

Н. Каменьщиковъ.

«Педагогическій Сборникъ»:

Среди разныхъ попытокъ заинтересовать физикой выборкою изъ нея наиболѣе «занимательныхъ» вещей и болѣе или менѣе игривымъ изложеніемъ книга г. Перельмана выгодно выдѣляется продуманностью и серьезностью. Она даетъ хорошій матеріалъ для наблюденія и размышленія изъ всѣхъ отдѣловъ элементарной физики, опрятно издана и прекрасно иллюстрирована. Видно, что авторъ вложилъ въ нее много труда и вниманія.

Н. Дрентельнъ.

«Физикъ-Любитель»:

.. Г. Перельманъ не ограничивается только описаніемъ различныхъ опытовъ, которые возможно выполнить домашними средствами, какъ это мы встрѣчаемъ, напримѣръ, въ книжкахъ Тома Тита или Тисандье; авторъ «Занимательной физики» разбираетъ множество вопросовъ, кото-

рые не поддаются эксперименту въ домашней обстановкѣ, но тѣмъ не менѣе интересны и по существу, и по той формѣ, которую авторъ умѣетъ придать своему повѣствованію. Здѣсь юный читатель встрѣчаетъ разъясненія цѣлаго рода вопросовъ, крайне интересныхъ по своему содержанію, иногда порадоксальныхъ, эффектныхъ, курьезныхъ...

Съ внѣшней стороны книга издана безукоризненно, и цѣну ея, при ея значительномъ объемѣ и множествѣ прекрасно исполненныхъ рисунковъ, нужно признать очень дешевой.

«Электричество и Жизнь»:

Авторъ очень удачно назвалъ свой сборникъ «Занимательной физикой». Это не сборникъ систематическихъ опытовъ, а подборъ интересныхъ задачъ, вопросовъ и парадоксовъ изъ всѣхъ отдѣловъ физики, чтеніе которыхъ можетъ служить прекраснымъ умственнымъ развлеченіемъ и можетъ побудить къ серьезному изученію физики.

«Правительственный Вѣстникъ»:

Тщательно собранный г. Перельманомъ разнообразный и поучительный матеріалъ разбитъ по отдѣламъ курса физики на 12 главъ. Здѣсь мы встрѣчаемъ, можно сказать, иллюстраціи къ законамъ механики, гидростатики, теоріи газовъ, къ ученію о теплотѣ, свѣтѣ, звукѣ. Наиболѣе богатый отдѣлъ посвященъ свѣту. Здѣсь имѣются и литературные отрывки, касающіеся того или иного отдѣла физики... Въ рукахъ любящаго свое дѣло преподавателя книга можетъ составить, несмотря на кажущуюся легкость, весьма цѣнное пособіе при прохожденіи физики. Издана книга весьма изящно.

«Русское Слово»:

Живой человѣкъ, авторъ сумѣлъ уложить серьезные законы физики въ форму занимательныхъ задачъ и замысловатыхъ вопросовъ. Къ физическому закону онъ подводитъ читателя, исходя большею частью изъ какой-нибудь будничной шутки или курьеза. Онъ спрашиваетъ своего читателя, когда Николаевская дорога длиннѣе—лѣтомъ или зимой (нагрѣваніе и расширеніе рельсовъ); грѣетъ ли шуба; можно ли вскипятить воду снѣгомъ; можетъ ли быть нагруженная повозка легче для передвиженія, чѣмъ пустая; какъ взвѣшивать, имѣя не гири, а монеты, и т. д. И, заинтересовавъ читателя, онъ заставляетъ его прослушать страницу физики, которой безъ такого подхода тотъ не прочиталъ бы.

Въ качествѣ подобнаго же матеріала привлечены нѣкоторыя беллетристическія произведенія Жюля Верна, Фламмаріона, Эдгара По и др. И, отдыхая отъ физическихъ опытовъ, иллюстрированныхъ картинками и чертежами, читатель съ удовольствіемъ просмотритъ разсказъ Марка Твэна о томъ, какъ онъ варилъ супъ изъ барометра, или поддастся настроенію капризной фантазіи англійскаго писателя объ инквизиціонной пыткѣ съ помощью зеркалъ, отражающихъ въ тысячѣ стеколъ обликъ наказуемаго.

А. Измайловъ.

«Свободный Журналъ»:

Заглавіе книги вполнѣ соотвѣтствуетъ ея содержанію. Вопросы, задачи, опыты, собранные въ ней, занимательны по своей парадоксальности, неожиданности, часто замысловатости. Но рѣшеніе ихъ не имѣетъ характера простого «развлеченія»: оно помогаетъ болѣе отчетливо и сознательно уяснить себѣ и усвоить законы физики и можетъ служить полезнымъ дополненіемъ къ учебнику, формальное изложеніе котораго обычно влечетъ за собою болѣе или менѣе механическое усвоеніе матеріала. Изложеніе—сжатое, толковое и ясное—иллюстрируется рисунками и чертежами. Книжка будетъ занимательной и полезной не только для любителей естествознанія, но и для учащихся, которые найдутъ въ ней примѣры и задачи, обычно не приводимые въ учебникахъ; и, думаемъ, для учащихъ, какъ матеріалъ для предложенія вопросовъ и задачъ ученикамъ.

М. Энгельгардтъ.

«Рѣчь»:

Эту книгу слѣдовало бы рекомендовать въ качествѣ подарочной книги дѣтямъ. Въ каникулярное время, въ часы домашняго досуга, въ забавныхъ и остроумныхъ опытахъ, легко осуществимыхъ, они могутъ быстро ознакомиться съ главнѣйшими физическими явленіями... Много оригинальныхъ рисунковъ и снимковъ съ натуры оживляютъ изложеніе. А извлеченія изъ разсказовъ Жюля Верна, Фламмаріона, Э. Поэ и др. придаютъ описанію особую увлекательность и заманчивость.

«Новое Время»:

Очень поучительная и занимательная книга, въ самыхъ обыденныхъ и на первый взглядъ простыхъ вопросахъ и отвѣтахъ знакомящая съ основными законами физики...

«Утро»:

Вотъ книга, которую я горячо рекомендую не одной молодежи, но и всѣмъ тѣмъ, кто любитъ поломать голову надъ вопросами,—повидимому такими простыми, а на самомъ дѣлѣ такими сложными,—нашей обыденной «физики». Въ очень живой, связной формѣ авторъ передаетъ множество весьма любопытныхъ и нужныхъ свѣдѣній, которыя для человѣка, не занимающагося спеціально физикой, представляютъ иногда своего рода «чудеса». Книга снабжена многими рисунками и такъ интересна, что трудно отложить ее, не прочитавъ до конца. Думаю, что при преподаваніи естествовѣдѣнія учитель можетъ съ пользой для дѣла извлечь не мало поучительнаго изъ этой прекрасной книги.

Проф. А. Погодинъ.

«Нива»:

Книга Я. Перельмана представляетъ сборникъ научно обоснованныхъ отвѣтовъ на множество вопросовъ по всѣмъ главнымъ отдѣламъ физики. Вполнѣ удовлетворяющая ожиданія читателя по своему внутреннему содержанію, книга Я. Перельмана прекрасна и по своей внѣшности.



Я. И. Перельманъ,

дѣйств. чл. Русск. Астроном. Общества.

МЕЖПЛАНЕТНЫЯ ПУТЕШЕСТВІЯ

Полеты въ міровое пространство и достиженіе небесныхъ свѣтилъ.

Изъ предисловія:

Мысль о полетахъ въ глубины вселенной и достиженіи иныхъ міровъ авторъ не считаетъ праздной мечтой. Она полна высокаго интереса для науки и для жизни. Было время, когда признавалось невозможнымъ переплыть океанъ; нынѣшняя всеобщая вѣра въ недосягаемость небесныхъ свѣтилъ столь же безосновательна, какъ и убѣжденіе нашихъ предковъ въ недостижимости антиподовъ.



Правильный путь къ рѣшенію проблемы заатмосфернаго летанія и межпланетныхъ путешествій уже намѣченъ; къ чести русской науки, онъ указанъ человѣчеству русскимъ ученымъ. Практическое же разрѣшеніе этой грандіозной задачи, невыполнимое сейчасъ, можетъ осуществиться не въ столь далекомъ будущемъ.

Краткое содержаніе.

Величайшая грёза человѣчества.—Всемірное тяготѣніе и земная тяжесть.—Борьба съ тяготѣніемъ.—Экранъ тяготѣнія и вѣчный двигатель.—Волшебныя свойства экрана тяготѣнія.—Можно ли ослабить земную тяжесть?—На волнахъ свѣта.—Изъ пушки на луну, теорія и практика.—Проектъ К. Э. Ціолковскаго.—Достиженіе иныхъ міровъ.—Продолжительность небесныхъ перелетовъ.—Межзвѣздныя пустыни.—Жизнь на кораблѣ вселенной.

Цѣна 60 коп.

ИЗДАНІЕ П. П. СОЙКИНА, ПЕТРОГРАДЪ, СТРЕМЯННАЯ, № 12.

Тип. П. П. Сойкина.